Gestion des approvisionnements et des stocks dans la chaîne logistique

Gilles Lasnier



Lavoisier

Table des matières

Introduction

Aujourd'hui, pour être compétitive, l'entreprise doit maîtriser les outils permettant de gérer efficacement les approvisionnements et les stocks dans la chaîne logistique globale. On constate encore trop souvent qu'un important travail reste à faire en ce qui concerne la gestion des stocks et des en-cours sur l'ensemble du flux amont-aval, du fournisseur au client.

L'ouvrage tente d'expliquer les processus d'approvisionnement et de gestion des stocks. Différents exemples sont issus de cas réels d'entreprises industrielles, notamment de firmes du secteur automobile ou équipementier automobile, qui pratiquent l'amélioration continue de manière à réduire au maximum leurs coûts de revient.

Un premier chapitre présente les fichiers de base indispensables pour qu'un système de gestion informatisé fonctionne correctement. Dans les chapitres suivants (deuxième à sixième chapitre) sont abordés les calculs de quantité économique, les méthodes d'approvisionnement, le calcul des stocks de sécurité et les classes homogènes de gestion.

Le septième chapitre est consacré au processus d'achat-approvisionnement et met l'accent sur la démarche de sélection des fournisseurs. Un exemple pratique est présenté pour expliquer clairement les différentes étapes de sélection, homologation, qualification et évaluation d'un fournisseur.

Le huitième chapitre présente les approvisionnements réalisés en appliquant la méthode juste-à-temps. Le fournisseur peut être externe à l'entreprise, dans ce cas le principe de livraison correspond à une boucle *kanban* externe. Lorsque le fournisseur se situe dans l'entreprise, par exemple un poste de travail situé en amont, il s'agit d'une boucle *kanban* interne. De plus en plus, de telles méthodes se

développent, notamment dans les entreprises fonctionnant en *lean manufacturing*. Il est indispensable de consacrer un chapitre à cette méthode et de l'illustrer par de nombreux exemples pratiques.

On ne peut évoquer les stocks sans consacrer un chapitre aux méthodes de valorisation des stocks et de leurs mouvements. Pour cela, il faut se reporter au neuvième chapitre dans lequel un exemple montre les relations entre les valeurs des stocks et les incidences sur le compte de résultat et le bilan de l'entreprise.

Les méthodes prévisionnelles utilisées en gestion industrielle sont présentées dans les chapitres dix et onze. Aujourd'hui, de tels calculs s'avèrent indispensables pour une gestion optimale des stocks sur un horizon prévisionnel de plus en plus court. Des exemples ont été réalisés en utilisant notamment le logiciel Statistica qui prend en compte différents paramètres comme la tendance ou la saisonnalité.

On termine par un chapitre sur les concepts e-logistique pour l'optimisation des approvisionnements et des stocks dans la chaîne logistique. Désormais, les entreprises raisonnent en flux, on gère la *supply chain* ou chaîne logistique globale en cherchant à maîtriser les approvisionnements, les stocks et les en-cours dans le flux. Les outils actuels en relation avec l'informatique et les systèmes d'information et communication sont présentés dans ce douzième chapitre : ECR, EDI, e-logistique, *e-supply chain*, *e-procurement*.

Un ouvrage n'est jamais terminé, les normes et les méthodes de gestion évoluent continuellement, néanmoins, il me semble raisonnable de le publier maintenant. Pour ce nouvel ouvrage comme pour les précédents, j'ai essayé d'être le plus clair possible en m'appuyant sur une citation de La Bruyère (1645-1696) : « Tout écrivain, pour écrire nettement, doit se mettre à la place de ses lecteurs ».

Chapitre 1

Les fichiers de base et leur utilisation

1.1. Les fonctions, documents et données techniques nécessaires à la gestion des stocks

La qualité de la gestion industrielle dépend de la précision de l'ensemble des informations circulant dans l'entreprise et notamment dans les systèmes de gestion de production informatisés.

Nous nous intéresserons davantage aux données et documents relatifs à la fonction de gestionnaire des approvisionnements et des stocks.

Les données relatives au système de gestion des stocks ou du système de gestion production informatisé sont les suivantes :

– données de base :
  - fichiers articles,
  - nomenclatures,
  - fichiers fournisseurs,
  - fichiers sous-traitants,
  - fichiers clients
– données d'activités :
  - niveau de stock,
  - niveau des en-cours,
  - commandes clients en cours,

  - ordres de fabrication en cours ;
- données historiques :
  - historique des mouvements de stocks (entrée et sortie),
  - coûts de revient,
  - livraisons effectuées.

Les sections suivantes présentent de manière plus détaillée les fichiers articles, nomenclatures, fournisseurs et mouvements de stocks.

1.2. Le fichier articles

Le terme *article* correspond à un produit de l'entreprise ou un élément entrant dans la composition d'un produit (produit fini, sous-ensemble, composant, matière première). Tout article fait l'objet d'un code, d'une désignation permettant de le définir clairement, d'une donnée de classification (famille, sous-famille, matière, etc.), d'une donnée de description physique (volume, poids, couleur, etc.), de données de gestion (seuil de réapprovisionnement, quantité économique de commande, lot de lancement, délai d'obtention, coefficient de perte dans le cas d'une matière première usinée par exemple, etc.), de données économiques (coût standard).

REMARQUE.– Notons qu'il existe également des articles fantômes, c'est-à-dire des articles fictifs qui permettent de représenter des éléments non physiquement stockés mais qui se trouvent dans un état transitoire avant d'être assemblés ou incorporés dans un produit.

1.2.1. *La codification des articles*

Codifier, c'est affecter à un article (produit, ensemble, sous-ensemble, pièce, etc.), une suite de chiffres (et de lettres si le code est alphanumérique) permettant de l'identifier sans ambiguïté. La gestion des nomenclatures impose une codification des produits et de leurs composants.

Il existe plusieurs types de classifications, parmi les plus utilisées, nous avons la codification fonctionnelle et la codification chronologique :

– la codification fonctionnelle structure et définit chaque zone du code ;

– la codification chronologique affecte à chaque article un numéro pris dans une liste en fonction des besoins.

1.2.2. *Exemple de codification*

L'entreprise fabrique des meubles, le code référence contient trois nombres de trois chiffres :

– le premier nombre donne le modèle ;

– le deuxième nombre indique le type de meuble ;

– le troisième nombre précise le type de pièce.

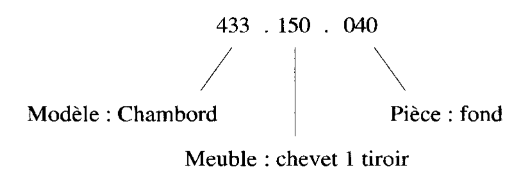


Figure 1.1. *Décodage d'une référence*

Le meuble chevet Chambord à un tiroir a pour référence 433 150 040.

1.3. Le fichier nomenclatures

1.3.1. *La nomenclature d'un produit : décomposition et l'arborescence*

Tout produit se décompose sous forme arborescente pour être traité par l'informatique. La décomposition en niveaux s'appelle analyse de produit et correspond au contenu « organisé » des nomenclatures. Dans un logiciel de gestion de production, est considéré comme article, toute matière, pièce, sous-ensemble, produit fini, fabriqué, sous-traité ou approvisionné, dont la prise en compte est nécessaire à la gestion.

1.3.1.1. *Exemple introductif*

Soit un produit A composé de deux sous-ensembles B et C. Le sous-ensemble B est constitué des éléments D, E, F, le sous-ensemble C est constitué des éléments G et H. Dans notre exemple, le niveau 0 est réservé au produit fini, le niveau 1 aux sous-ensembles, le niveau 2, aux éléments présents dans les sous-ensembles.

Connaître la structure d'un produit, c'est connaître :

– l'ensemble de ses composants ;

– les liens qui existent entre eux.

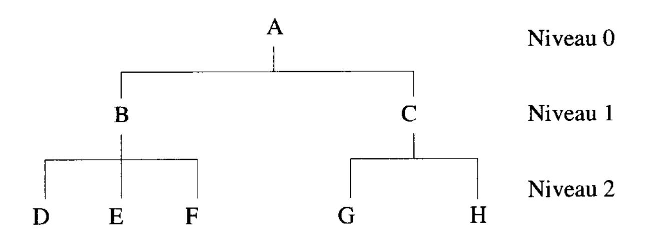


Figure 1.2. *Analyse arborescente du produit A*

Il existe deux familles de composants : les pièces qui peuvent être fabriquées ou approvisionnées, les sous-ensembles et les ensembles qui se différencient par rapport au besoin du groupement de composants qu'ils représentent. Une pièce est un objet simple ou complexe, indissociable pour l'usage auquel il est destiné, un sous-ensemble de produits est un groupement rationnel de pièces correspondant à un stade d'évolution dans la réalisation du produit. Un ensemble est un groupement fonctionnel de pièces ou de sous-ensembles.

1.3.2. *Les différents types de nomenclatures*

Une nomenclature est une liste exhaustive des composants d'un produit ordonnée selon une décomposition logique.

La nomenclature peut être multiniveau ou à un niveau, on trouve également la nomenclature des cas d'emploi. La nomenclature multiniveau donne la liste de tous les composants présents dans un produit avec leurs niveaux respectifs. La nomenclature à un niveau indique, pour le niveau choisi, tous les composants concernés. La nomenclature des cas d'emploi donne tous les cas d'emploi des composants dans un produit ou dans l'ensemble des produits fabriqués avec la quantité utilisée.

1.3.2.1. *Exemple de nomenclature*

Soit le produit A dont la décomposition arborescente est présentée figure 1.3 (B, C sont des sous-ensembles, D, E, F, G, H, sont des pièces).

Les repères représentent les quantités. Supposons un lancement en fabrication de 10 produits A, combien doit-on prévoir de pièces H et F ? La réponse est la suivante : $10 \times 2 \times 2 = 40$ H et $10 \times 3 \times 2 = 60$ F. Il faut 40 H et 60 F pour réaliser 10 produits A.

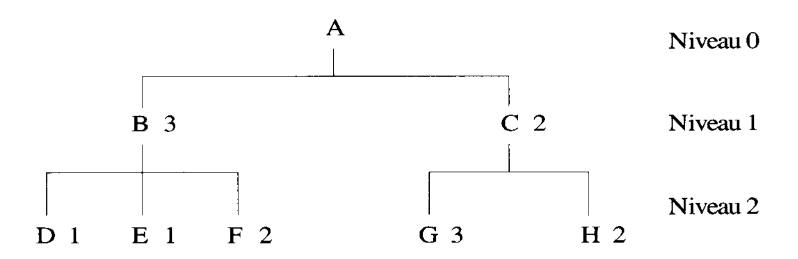


Figure 1.3. *Décomposition arborescente du produit A*

1.3.2.2. *La nomenclature multiniveau*

Dans la nomenclature multiniveau, on trouve tous les composants présents dans un produit avec leurs niveaux respectifs dans la structure. La figure 1.4. représente la nomenclature multiniveau du produit A.

Niveaux			**Produit A**			
1	2	3	Réf.	Désignation	Quantité	Unité
X				Sous-ensemble B	3	
	X			D	3	
	X			E	3	
	X			F	6	
X				Sous-ensemble C	2	
	X			G	6	
	X			H	4	

Figure 1.4. *Nomenclature multiniveau*

1.3.2.3. *La nomenclature à 1 niveau*

La nomenclature à un niveau (figure 1.5) ne fait apparaître que les composants nécessaires pour réaliser le niveau répertorié. Ce document peut être intéressant pour gérer des produits complexes qui présentent de nombreux niveaux d'éclatement (industrie automobile ou aéronautique par exemple).

Niveaux			**Produit A**			
1	2	3	Réf.	Désignation	Quantité	Unité
X				Sous-ensemble B	3	
X				Sous-ensemble C	2	

Figure 1.5. *Nomenclature à un niveau*

1.3.2.4. *La nomenclature de cas d'emploi*

La nomenclature de cas d'emploi (figure 1.6) donne tous les cas d'emploi d'un composant dans un produit ou dans l'ensemble des produits fabriqués avec la quantité utilisée, elle est particulièrement utile pour les services études, recherche et développement car elle indique le niveau de standardisation des produits et permet de saisir rapidement l'incidence d'une modification technique. Cette nomenclature permet de retrouver les produits pour lesquels le même article est utilisé.

Référence article	**Utilisation**	**Quantité**	**Unité**
F	Produit X	1	
	Produit Y	2	
	Produit Z	2	

Figure 1.6. *Nomenclature de cas d'emploi*

1.4. Exemples de fichiers utilisés en gestion des stocks

Les éléments présents dans ces fichiers sont listés dans les paragraphes suivants. Il ne s'agit pas ici de développer le contenu de l'ensemble des fichiers présents dans un système de gestion informatisé des stocks ou de la production, seuls sont présentés les fichiers fournisseurs et mouvements des stocks.

1.4.1. *Le fichier fournisseurs*

Ce fichier indique toutes les informations relatives aux fournisseurs :

– nom ;

– adresse ;

– code postal ;
– pays ;
– téléphone ;
– télécopie ;
– e-mail ;
– mode de transport ;
– conditions de paiement.

Gestion des fournisseurs	
Code fournisseur	86-001
Adresse	LASNIER Conseil Formation 71 rue Camille Girault
Code postal et ville	86180 Buxerolles
Pays	France
Téléphone	+33 (0)5 49 61 32 85
Télécopie	+33 (0)5 49 61 32 85
E-mail	g.lasnier954@wanadoo.fr
Mode de transport	Express
Conditions de paiement	Fin de mois

Figure 1.7. *Données d'un fichier fournisseur*

1.4.2. *Le fichier de mouvements des stocks*

Les mouvements de stock sont générés par les entrées et les sorties du stock. Chaque entrée ou sortie est caractérisée par les critères listés ci-dessous :

– entrée simple :
  - date du mouvement,
  - code article,
  - coût standard,
  - entrée magasin,
  - quantité en stock,
  - quantité mouvement,
  - valeur mouvement ;

– sortie simple :
  - date du mouvement,
  - code article,
  - coût standard,
  - sortie magasin,
  - quantité mouvement,
  - valeur mouvement.

1.5. Conclusion

Un système de gestion informatisé ne peut fonctionner sans ces données de base. Le manque de précision des données de base d'une entreprise, comme par exemple les nomenclatures, les gammes ou les fichiers fournisseurs peut entraîner des défaillances au niveau de la gestion. La précision de ces données est primordiale pour que le système de gestion informatisé fonctionne de manière optimale. Toute évolution de ces données doit faire l'objet de mises à jour immédiates pour éviter des erreurs. Par exemple, une erreur de saisie d'un code article peut générer des quantités à approvisionner inexactes, d'où la nécessité de gérer de manière précise ces différents fichiers.

Chapitre 2

La fonction et les coûts d'un stock

2.1. La définition d'un stock

2.1.1. *Stock et régulation*

On peut considérer qu'un problème de stock est comparable à un problème de robinets. Imaginons un réservoir alimenté par un robinet 1, ce robinet approvisionne le réservoir, donc le stock. Avec le robinet 2, on sert les demandes, le stock diminue. L'objectif est de réguler en maintenant un certain niveau de stock de manière à ce qu'il n'y ait ni trop, ni trop peu, la figure 2.1 illustre une telle situation.

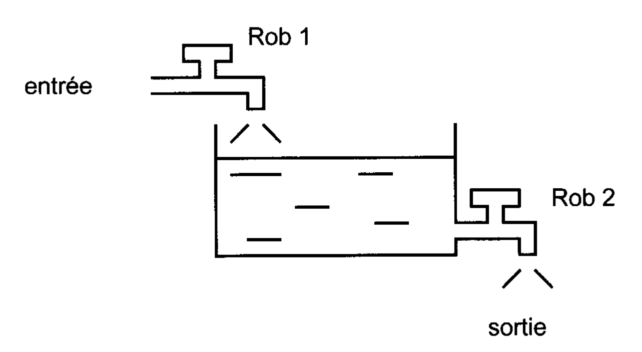


Figure 2.1. *Le principe de régulation d'un stock*

2.1.2. *Les stocks dans le flux de production*

La figure 2.2 représente le flux de production qui démarre aux approvisionnements amont (matières premières par exemple) et se termine au stock aval (produits finis). Dans le flux de production se trouvent également les en-cours de stock, c'est-à-dire les stocks relatifs aux ordres de fabrication non terminés. L'objectif consiste à minimiser ces en-cours qui représentent une immobilisation de trésorerie.

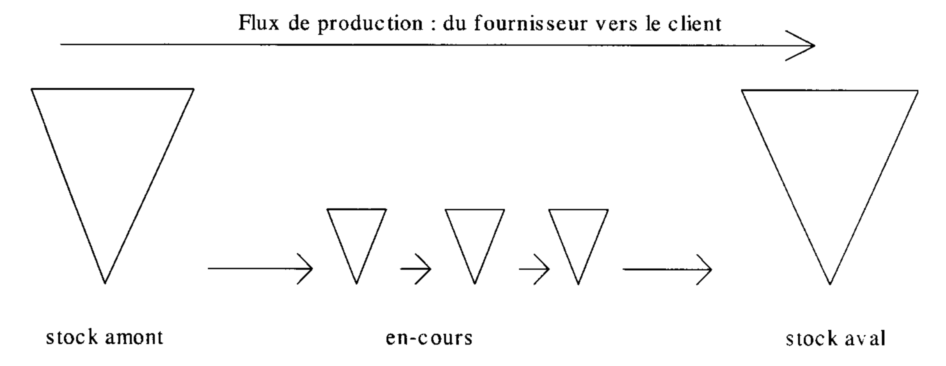


Figure 2.2. *Le flux de production*

Les en-cours représentent des ordres de fabrication non terminés, c'est-à-dire à de la matière première et du temps de main-d'œuvre non facturés tant que le client n'a pas réglé le prix du produit.

2.1.3. *Les différents types des stocks*

Le plan comptable général donne une définition du stock : ensemble de marchandises, de matières ou fournitures, des déchets, des produits semi-ouvrés, des produits finis, des produits ou travaux en cours et des emballages commerciaux qui sont la propriété de l'entreprise :

– marchandises acquises par l'entreprise, destinées à être revendues en l'état (concernent particulièrement les activités de distribution) ;

– matières premières utilisées dans les produits fabriqués ;

– matières consommables utilisées dans la production (exemple : petit outillage) ;

– déchets, rebuts, résidus en provenance de la fabrication (exemple : copeaux des matières usinées dans l'industrie mécanique, déchets de bois dans l'industrie du meuble) ;

– produits semi-ouvrés mis en magasin pour un emploi dans des fabrications ultérieures ;

– produits finis fabriqués et destinés à la vente ;

– produits en cours d'élaboration ;

– emballages commerciaux, récupérables ou non.

Il existe différents types de stock, parmi les termes utilisés dans cet ouvrage, on trouvera les suivants :

– stock amont : correspond au stock de matières premières et composants en magasin ou entrepôt nécessaires à la fabrication ;

– stock en attente : sorti de l'entrepôt ou du magasin, il correspond par exemple aux besoins pour la fabrication d'une journée ;

– stock en cours : stock observable pendant le processus de fabrication (matières ayant subi des transformations ou produits en cours d'assemblage ou de transformation) ;

– stock aval : correspond au stock de produits finis destiné aux clients ainsi qu'aux emballages et produits de conditionnement.

2.1.3.1. *Exemple de gestion des produits finis : les magasins avancés*

Dans le milieu automobile, certains équipementiers confient à un prestataire la gestion des produits finis. Il en assure la réception, le stockage et la livraison dans un contexte juste-à-temps.

Deux objectifs sont recherchés :

– la réactivité vis-à-vis du client en limitant le délai de transport ;

– l'externalisation de la fonction logistique qui n'est pas la fonction première de l'entreprise.

Parmi les fonctions du prestataire, on peut citer :

– l'accueil du ou des véhicules en provenance de l'entreprise ;

– le déchargement, la réception et le stockage des produits dans le magasin avancé (situé à proximité de l'entreprise) ;

– la reprise par le transporteur des emballages vides ;

– l'enregistrement des flux d'informations des mouvements de stocks (entrées et sorties) ;

– la réalisation d'inventaires périodiques.

Stock de protection : correspond au stock de sécurité destiné à faire face aux aléas. Ce stock doit permettre de parer aux augmentations de la consommation réelle par rapport à la consommation théorique moyenne.

Stock stratégique : constitué pour faire face aux conséquences d'une rupture d'approvisionnement liée à certains évènements (par exemple une grève de longue durée), pour faire face à la fluctuation des cours (cas de certaines matières premières comme la café, le cacao ou le sucre qui ont fait l'objet de variations importantes dans le passé).

Stock actif : partie du stock située au-dessus du stock de protection.

Stock de consignation : le principe du stock de consignation repose sur la possession physique et non financière de matières premières ou composants. Le fournisseur accepte de fournir au client une certaine quantité de composants, correspondant souvent aux plus coûteux, qui ne sera facturée qu'au moment du besoin. Tant qu'ils ne sont pas sortis du stock de consignation, ils sont la propriété du fournisseur.

Picking : dans une entreprise, la zone de *picking* est l'endroit où sont préparées les commandes des clients, le terme *picking* (cueillette en anglais) signifie que l'on effectue le prélèvement des produits demandés dans le stock.

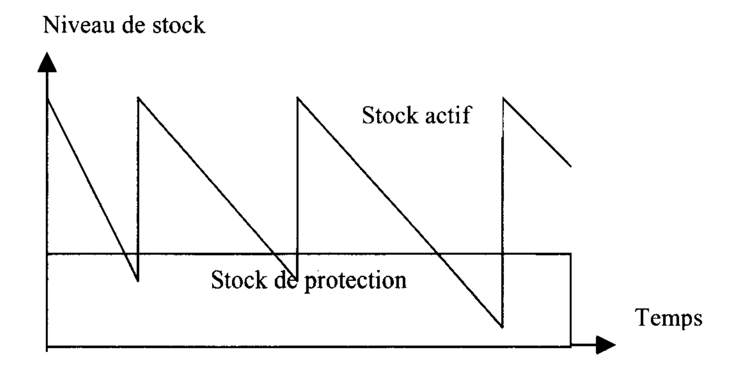


Figure 2.3. *Stock actif et stock de protection*

REMARQUE.– Les emplacements dans un stock peuvent être repérés de la manière suivante : n° X de travée (A, B, C, etc.), n° Y de colonne (1, 2, 3, etc.), n° Z de niveau (1, 2, 3, etc.). On peut retrouver ces repères par l'intermédiaire des systèmes de gestion informatisés pour connaître les emplacements des articles en stock (voir figure 2.4).

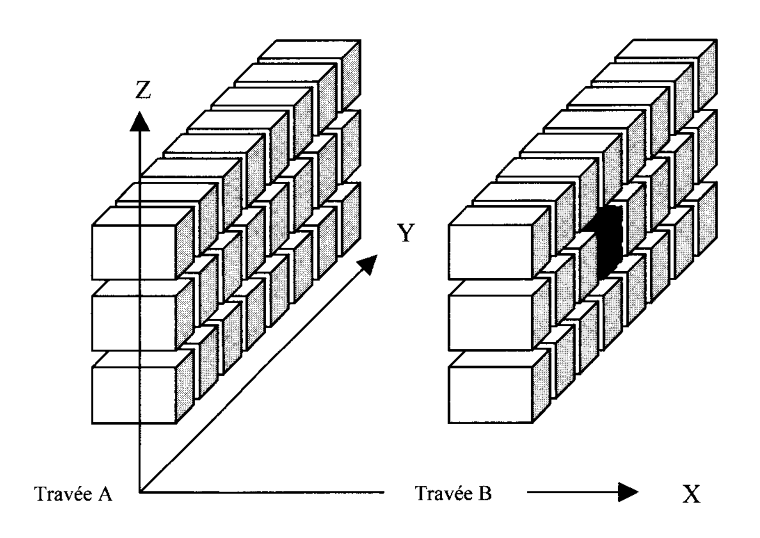


Figure 2.4. *Coordonnées XYZ de l'emplacement repéré en foncé : B.4.2*

2.1.3.2. *Exemple du fonctionnement du stock de consignation dans une entreprise*

L'entreprise fabrique des sous-ensembles électroniques pour l'automobile, elle est implantée sur différents sites européens.

Les caractéristiques majeures de cette industrie sont les suivantes :

– un nombre important de références de composants, environ 5 000 ;

– un nombre de produits finis élevé, 300 références sont actives dans le système de gestion informatisé ;

– les délais d'approvisionnement de certains composants électroniques sont longs, chaque sous-ensemble contient un microprocesseur fabriqué en Asie, le temps de fabrication est d'environ six semaines, l'approvisionnement s'avère souvent compliqué.

Dans une telle organisation, les deux acteurs logistiques sont le gestionnaire d'approvisionnement et le responsable de la production. Plusieurs gestionnaires d'approvisionnement sont affectés à des gammes différentes de composants.

Le rôle du gestionnaire d'approvisionnement consiste à :

– exprimer les besoins en matières premières aux fournisseurs et assurer le suivi des livraisons ;

– piloter les niveaux de stock matières premières en fonction des besoins exprimés et des objectifs de couverture fixés à l'aide des outils d'analyse mis à disposition ;

– négocier et mettre en place des accords logistiques avec les fournisseurs ;

– assurer la notation et le suivi du taux de service logistique des fournisseurs ;

– faire respecter les délais de livraison aux fournisseurs.

Le rôle du responsable de production est le suivant :

– définir les plannings de production et en assurer le suivi ;

– simuler les fortes évolutions de charge ;

– analyser les ruptures prévisionnelles en composants et informer les gestionnaires d'approvisionnement ;

– relancer les gestionnaires d'approvisionnement ;

– demander et suivre les inventaires ;

– assurer les réajustements du système GPAO en cas d'anomalies ;

– assurer la programmation des nouveaux produits et la disponibilité de tous les composants nécessaires ;

– assurer les réajustements de stocks dans les différentes unités de production.

Les avantages du stock de consignation :

– besoin en fonds de roulement plus faible ;

– rupture d'approvisionnement moins fréquente ;

– visibilité directe des stocks sur les références consignées ;

– gérer 30 % des composants (en valeur financière) en stock de consignation tels que les microprocesseurs et les circuits imprimés.

Les inconvénients pour le fournisseur :

– les coûts de gestion du stock de consignation ;

– la gestion du stock.

Les obligations du client

Le stock de consignation doit être séparé des autres types de stock. Il doit être fermé pour éviter tout risque de mélange. Seul un personnel habilité peut avoir accès à ce stock. Le fournisseur peut accéder à ses produits quand il le souhaite pour contrôler la quantité stockée. Le client doit garantir l'intégrité du stock dans le temps et fournir sous 48 heures un inventaire des références demandées par le fournisseur, la règle FIFO doit être respectée.

Les obligations des fournisseurs

Les produits doivent être conditionnés suivant une quantité acceptée par les deux parties pour permettre un fractionnement du stock. Le transport de ces pièces est de la responsabilité du fournisseur. Le conditionnement doit porter la mention « stock de consignation » pour faciliter le flux des pièces en réception.

Le dimensionnement du stock de consignation

Le dimensionnement du stock de consignation repose sur la consommation moyenne journalière. Lorsqu'il s'agit de produits stables, il n'y a pas de problèmes particuliers, dès que la consommation fluctue, le niveau du stock doit être ajusté. Les réapprovisionnements sont conditionnés par le niveau du stock, dès que le seuil est atteint, le fournisseur reçoit un message par l'intermédiaire de l'EDI (échange de données informatisées). Dans de tels systèmes, la mise à jour de la GPAO et notamment des fichiers stocks doit être très rigoureuse et réalisée dans des délais réduits pour éviter tout décalage entre le stock physique et le stock informatique.

A chaque sortie de composants du stock de consignation, un numéro de fiche est associé pour assurer la traçabilité de la transaction et faire le lien avec le dossier de facturation. Si un lot est dormant, c'est-à-dire non utilisé dans le stock de consignation pendant une période supérieure à trois mois, le client s'engage à le sortir de la consignation et de ce fait, en accepte le paiement.

2.2. Les coûts de stock[1]

La gestion des stocks a pour but de minimiser les coûts associés à l'approvisionnement. Différents coûts peuvent être retenus : les coûts de détention, les coûts d'acquisition, les coûts de rupture, les coûts d'expédition, ces coûts sont présentés en détail dans les paragraphes suivants.

2.2.1. *Les coûts de détention ou coûts de possession*

Les coûts de détention (Cd) comprennent les coûts relatifs au lieu du stockage, c'est-à-dire aux locaux spécialement prévus pour stocker (magasin, entrepôt). Dans ces frais de détention on peut distinguer le loyer ou l'amortissement de l'entrepôt, son coût de fonctionnement (éclairage, chauffage, assurances, etc.), les frais de personnel liés au stock (salaires et charges salariales), les coûts de gestion du stock, les coûts engendrés par l'obsolescence ou le vol.

---

1. Les coûts de stock seront par la suite identifiés de la manière suivante : Cd = coûts de détention annuels, Ca = coûts d'acquisition annuels, CRS = coûts de rupture de stock.

Dans une entreprise, le stock est un investissement qui peut se traduire par des charges financières en rapport avec le montant de l'emprunt qui a servi au financement.

Le taux de détention d'un stock est un pourcentage de la valeur du stock. Ce pourcentage peut être variable en fonction des caractéristiques du stock (articles ou matières stockées par exemple). La valeur peut se situer dans une fourchette de 20 à 35 % par an, voire plus dans certains cas, elle varie en fonction de l'activité de l'entreprise. Ainsi, dans le cas de produits alimentaires le pourcentage peut atteindre 35 % ou plus. Lorsque l'on dit qu'un stock d'une valeur de 1 M€ coûte 20 %, cela signifie que le coût de possession s'élève à 200 k€. Notons également que ces frais de détention s'appliquent à la valeur moyenne investie dans le stock, d'où l'importance de calculer avec exactitude le stock moyen en quantité et en valeur. Ces frais ne peuvent qu'être estimés et correspondent à un calcul réalisé sur une base annuelle, les méthodes comptables ne permettant pas de les calculer précisément [ZER 96].

2.2.2. *Les coûts d'acquisition*

Les coûts d'acquisition (Ca) ou coûts de passation de commande[2] représentent les frais liés au déclenchement de la commande auprès du fournisseur. Ainsi, le temps passé à contacter le fournisseur par téléphone ou fax, les frais administratifs et informatiques, les relances, les négociations d'achats, sont à intégrer dans les coûts d'acquisition. Les coûts de réception ou contrôle d'entrée font également partie des coûts d'acquisition. On peut évaluer le coût d'une commande à l'année en appliquant la formule suivante :

$$\text{Coût d'une commande} = \frac{\text{Coûts totaux d'acquisition}}{\text{Nombre annuel de commandes}}$$

On peut ainsi comparer l'évolution des coûts d'une année à l'autre.

2.2.3. *Les coûts de rupture de stock*

Les coûts de rupture de stock (CRS) sont générés par l'absence du produit au moment où il est demandé. Un produit non disponible implique un chiffre d'affaires

2. Certains coûts de commande peuvent être très élevés, ainsi le coût d'une ligne de commande s'élevait à plus de 100 € en 2004 dans une entreprise fabriquant des composants électroniques destinés à l'industrie aéronautique.

non réalisé et par voix de conséquence, un manque à gagner, c'est-à-dire une perte. Au niveau de la production, les manques peuvent occasionner des arrêts de fabrication, des retards de livraison, des pénalités de retard à payer au client. Les coûts d'une rupture sont difficilement mesurables, ils peuvent être très élevés et générer une insatisfaction du client qui risque d'aller vers la concurrence. Il est évident que les CRS peuvent être dangereux, il est indispensable de prendre toute mesure pour les éviter, comme par exemple la mise en place d'un stock de sécurité SS.

2.2.4. *Les coûts d'expédition*

Les coûts d'expédition se composent des coûts de préparation de commandes, d'emballage, de chargement de commandes, de transport et de salaires et charges du service expédition. Ces frais sont fonction de la démarche logistique adoptée : création d'entrepôts, optimisation des tournées de livraison, choix des modes de transport et de stockage, etc.

2.2.5. *Tableau récapitulatif des différents coûts de stock*

Le tableau (figure 2.5) fait une synthèse des différents coûts de stocks (la liste n'est pas exhaustive).

Coûts de détention	Coûts d'acquisition	Coûts de rupture	Coûts d'expédition
Coût du loyer magasin	Frais de recherche et choix d'un fournisseur	CA perdu	Frais de préparation de commande
Frais de chauffage	Négociation avec les fournisseurs	Bénéfice perdu	Coût d'emballage
Assurances	Calcul de la commande	Coûts des arrêts de production	Coût de transport
Salaires et charges	Relances fournisseur	Coûts des délais non respectés	Coût de chargement
Coût d'obsolescence	Frais de fax, téléphone	Coûts des pénalités de retard	
	Coût des contrôles d'entrée		

Figure 2.5. *Les différents coûts de stock*

On peut également calculer le coût moyen annuel d'une commande ou le coût annuel d'une ligne de commande en divisant les coûts d'acquisition par le nombre de commandes ou le nombre de lignes de commandes de l'année.

Toute entreprise doit connaître ses coûts. Un exemple de calcul des coûts de détention et de passation de commande est présenté dans le paragraphe suivant.

2.2.6. *Exemple 1 : Calcul d'un taux de détention et d'un coût de commande*

L'exemple permet de comprendre la composition du taux de détention d'un stock et du coût de passation d'une commande.

2.2.6.1. *Partie magasin*

Trois personnes sont affectées au magasin, deux caristes chargés des manutentions internes : entrées en stock (approvisionnement du magasin) et sorties (préparation des ordres de fabrication), un agent de maintenance chargé de l'entretien des moyens de manutention (chariots élévateurs) et de la maintenance du bâtiment (éclairage, climatisation, etc.).

Les salaires mensuels bruts du personnel affecté au magasin sont les suivants :

– agent de maintenance : 1 300 € ;

– cariste : 1 250 €.

Les magasins occupent une surface totale de 1 500 m^2, le prix du m^2/an est fixé à 115 €. En ce qui concerne les frais de gestion, un inventaire d'une durée totale de 960 heures a lieu chaque année à un taux horaire de 25 €. Les frais de maintenance des moyens de manutention et les dépenses d'énergie s'élèvent à 135 000 € pour l'année. La dépréciation et les pertes diverses représentent 4 % de la valeur annuelle du stock.

Les primes d'assurance du stock en magasin s'élèvent à 105 000 € pour l'année. La valeur annuelle du stock est de 6 000 000 €, les frais financiers représentent 8 % de ce montant.

2.2.6.2. *Partie achats*

Le service achats de l'entreprise est dirigé par un responsable des achats qui encadre deux acheteurs et une secrétaire, une personne assure un rôle de contrôleur qualité au niveau de la réception.

Les salaires mensuels bruts du personnel affecté au service achats sont les suivants :

– responsable du service achats : 3 300 € ;

– acheteur : 2 300 € ;

– secrétaire : 1 450 € ;

– cariste (manutention de quai) : 1 250 € ;

– contrôleur qualité chargé des réceptions : 1 300 €.

Les frais de déplacements kilométriques chez les fournisseurs s'élèvent pour l'année à 25 000 €, il faut ajouter également les frais divers d'un montant de 19 000 €. Le volume annuel de commandes est de 12 000. Les contrôles d'entrée sont effectués par un agent qualité affecté à la réception durant toute l'année (prélèvements, vérification de la qualité des matières premières ou pièces approvisionnées). Un cariste est occupé à 100 % au déchargement des camions au quai de réception des marchandises. Le service achats occupe des bureaux dont la surface est de 150 m^2, le loyer est fixé à 135 €/m^2/an, charges comprises.

Les charges salariales représentent 50 % des salaires bruts et tous les employés sont rémunérés sur 13 mois.

Compte tenu des données précédentes, on demande de calculer :

– 1. le taux de détention du stock ;

– 2. le coût d'une commande ou coût d'acquisition ;

– 3. embauché au service achats, vous avez pour objectif la baisse du coût de commande et la baisse du taux de détention, présentez sous forme de tableau les facteurs sur lesquels vous allez intervenir ;

– 4. quelle remarque peut-on faire au sujet de l'inventaire ?

Solution

Les différents calculs sont réalisés sur une base annuelle.

1. Calcul du taux de détention

Frais d'inventaire physique de fin d'année : le nombre d'heures total pour l'inventaire est de 960 heures. Le taux horaire a pour valeur 25 €, le coût total de l'inventaire s'élève à 25 € × 960 = 24 000 €.

Salaires :

– le salaire d'un agent d'entretien est de 1 300 € F sur 13 mois avec des charges salariales de 50 %, ce qui représente un montant de 1 300 × 13 × 1,5 = 25 350 € ;

– deux caristes travaillent au magasin pour un salaire de 1 250 € chacun, le coût salarial se monte à 2 × 1 250 × 13 × 1,5 = 48 750 € ;

– somme des salaires = 25 350 + 48 750 = 74 100 €.

Frais de chauffage et maintenance : 135 000 €.

Loyer des magasins :

– la surface des locaux est de 1 500 m^2 à 115 € le m^2 ;

– le coût du loyer s'élève à 1 500 × 115 = 172 500 €.

Frais financiers :

– le stock moyen annuel est de 6 000 000 F, le taux d'intérêt 8 % ;

– le montant des frais financiers s'élève à 6 000 000 × 8 % = 480 000 €.

Dépréciation, pertes, assurances :

– la dépréciation et les pertes représentent 4 % de la valeur annuelle du stock, le coût est de 6 000 000 € × 4 % = 240 000 € ;

– les frais d'assurance sont de 105 000 € ;

– dépenses totales : 24 000 + 74 100 + 135 000 + 172 500 + 480 000 + 240 000 + 105 000 = 1 230 600 € ;

– le taux de détention a pour valeur : T = 1 230 600 €/6 000 000 € = 20,51 %.

2. Coûts d'acquisition ou coût d'une commande

Salaires du service achats :

– salaire du responsable = 1 × 3 300 € × 13 × 1,5 = 64 350 € ;

– salaire des acheteurs = 2 × 2 300 € × 13 × 1,5 = 89 700 € ;

– salaire de la secrétaire = 1 × 1 450 € × 13 × 1,5 = 28 275 € ;

– salaire du contrôleur qualité chargé des prélèvements = 1 × 1 300 € × 13 × 1,5 = 25 350 € ;

– salaire du cariste qui assure le chargement ou le déchargement du camion = 1 × 1250 € × 13 × 1,5 = 24 375 € ;

– le total des salaires s'élève à 232 050 €.

Frais de déplacements : le montant annuel des frais de déplacements est de 25 000 €.

Frais divers du service achats : 19 000 €.

Loyer des locaux du service achats : le service achats utilise une surface de 150 m^2 à 135 € le m^2/an, le coût total est de 20 250 €.

Dépenses totales : 232 050 + 25 000 + 19 000 + 20 250 = 296 300 € .

Le coût d'acquisition ou coût d'une commande a pour valeur :

296 300 €/12 000 = 24,69 €

2.2.7. *Exemple 2 : calcul d'un taux de détention et d'un coût de commande*

L'exemple permet de comprendre la composition du taux de détention d'un stock et du coût de passation d'une commande.

2.2.7.1. *Partie magasin*

Trois personnes sont affectées au magasin, deux caristes chargés des manutentions internes : entrées en stock (approvisionnement du magasin) et des sorties (préparation des ordres de fabrication), un agent de maintenance chargé de l'entretien des moyens de manutention (chariots élévateurs) et de la maintenance du bâtiment (éclairage, climatisation, etc.).

Les salaires mensuels bruts du personnel affecté au magasin sont les suivants :

– agent de maintenance : 1 300 € ;

– cariste : 1 050 €.

Les magasins occupent une surface totale de 2 000 m^2, le prix du loyer au m^2 par an est fixé à 100 €. En ce qui concerne les frais de gestion, un inventaire annuel coûte 1500 €. Les frais de maintenance des moyens de manutention et les dépenses d'énergie s'élèvent à 120 000 € pour l'année. La dépréciation et les pertes diverses représentent 5 % de la valeur annuelle du stock.

Les primes d'assurance du stock en magasin s'élèvent à 145 000 € pour l'année. La valeur annuelle du stock est de 8 M€, les frais financiers représentent 8 % de ce montant.

2.2.7.2. *Partie achats*

Le service achats de l'entreprise est dirigé par un responsable des achats qui encadre deux acheteurs et une secrétaire, une personne assure un rôle de contrôleur qualité au niveau de la réception.

Les salaires mensuels bruts du personnel affecté au service achats sont les suivants :

- responsable du service achats : 3 000 € ;
- acheteur : 2 000 € ;
- secrétaire : 1 100 € ;
- cariste (manutention de quai) : 1 000 € ;
- contrôleur qualité chargé des réceptions : 950 €.

Les frais de déplacements kilométriques chez les fournisseurs s'élèvent pour l'année à 50 000 €. Il faut ajouter également les frais divers d'un montant de 25 000 €. Le volume annuel de commandes est de 4 000. Les contrôles d'entrée sont effectués par un agent qualité affecté à la réception durant toute l'année (prélèvements, vérification de la qualité des matières premières ou pièces approvisionnées). Un cariste est occupé à 100 % au déchargement des camions au quai de réception des marchandises. Le service achats occupe des bureaux dont la surface est de 80 m^2, le loyer est fixé à 150 €/m^2/an, charges comprises.

Les charges salariales représentent 50 % des salaires bruts et tous les employés sont rémunérés sur 13 mois.

Compte tenu des données précédentes, on demande de calculer :

- 1. le taux de détention du stock ;
- 2. le coût d'une commande ou coût d'acquisition ;
- 3. embauché au service achats, vous avez pour objectif la baisse du coût de commande et la baisse du taux de détention, présentez sous forme de tableau les facteurs sur lesquels vous allez intervenir ;
- 4. quelle remarque peut-on faire au sujet de l'inventaire ?

Solution

Les différents calculs sont réalisés sur une base annuelle.

1. Calcul du taux de détention

Salaires :

- le salaire d'un agent d'entretien est de 1 300 € sur 13 mois avec des charges salariales de 50 %, ce qui représente un montant de 1 300 × 13 × 1,5 = 25 350 € ;
- deux caristes travaillent au magasin pour un salaire de 1 050 € chacun : le coût salarial se monte à 2 × 1 050 × 13 × 1,5 = 40 950 € ;
- la somme des salaires est de 25 350 + 40 950 = 66 300 €.

Frais d'inventaire = 1 500 €.

Frais de maintenance + énergie = 120 000 €.

Loyer des magasins : 100 € × 2 000 = 200 000 €.

Frais financiers :

– le stock moyen annuel est de 8 000 000 €, le taux d'intérêt 8 % ;

– le montant des frais financiers s'élève à 8 000 000 × 8 % = 640 000 €.

Dépréciation, pertes, assurances :

– la dépréciation représente 5 % de la valeur annuelle du stock, le coût est de 8 000 000 € × 5 % = 400 000 € ;

– les frais d'assurance sont de 145 000 €.

Dépenses totales : 66 300 + 1 500 + 120 000 + 200 000 + 640 000 + 400 000 + 145 000 = 1 572 800 €.

Le taux de détention a pour valeur : T = 1 572 800/8 000 000 = 19,66 %.

2. Coûts d'acquisition ou coût d'une commande

Salaires du service achats :

– salaire du responsable = 1 × 3 000 × 13 × 1,5 = 58 500 € ;

– salaire des acheteurs = 2 × 2 000 × 13 × 1,5 = 78 000 € ;

– salaire de la secrétaire = 1 × 1 100 × 13 × 1,5 = 21 450 € ;

– salaire du cariste = 1 × 1 000 × 13 × 1,5 = 19 500 € ;

– salaire du contrôleur = 1 × 950 × 13 × 1,5 = 18 525 € ;

– le total des salaires s'élève à 195 975 €.

Frais de déplacements : le montant annuel des frais de déplacements est de 50 000 €.

Frais divers du service achats : 25 000 €.

Loyer des locaux du service achats : le service achats utilise une surface de 80 m^2 à 150 €, le coût total est de 12 000 €.

Dépenses totales : 195 975 + 50 000 + 25 000 + 12 000 = 282 975 €.

Le coût d'acquisition ou coût d'une commande a pour valeur : 282 975/4 000 = 70,74 €

3. Les différents facteurs qui influencent le taux de détention et le coût d'une commande (figure 2.6)

Toute baisse des facteurs répertoriés dans le tableau entraîne une baisse du taux de détention et du coût de commande. Pour obtenir une amélioration du coût de commande, on peut agir par exemple sur les frais de déplacements. En ce qui concerne le taux de détention, une baisse des coûts de chauffage correspond à une amélioration.

Actions sur le coût de commande	**Actions sur le taux de détention**
Salaires du service achats	Salaires des personnes affectées au magasin
Frais de déplacements	Frais de maintenance
Loyer des locaux du service achats	Frais de chauffage, électricité
Frais de réception	Loyer du magasin
Frais de manutention à la réception	Frais financiers
Frais de contrôle d'entrée à la réception	Assurances
	Organisation du magasin
	Dépréciations et pertes

Figure 2.6. *L'influence des différents facteurs*

4. Remarque au sujet de l'inventaire

On peut instaurer un inventaire tournant sur toute l'année de manière à vérifier les stocks au niveau de tous les composants. Actuellement, un seul inventaire est effectué en fin d'année et ne permet pas de corriger rapidement les erreurs accumulées durant plusieurs mois.

Un inventaire physique correspond à un comptage des articles en stock en vue de déterminer la situation exacte de chacun d'eux. Malgré un contrôle strict des états relatifs aux mouvements ainsi qu'à des mises à jour, des erreurs peuvent apparaître à la suite de l'enregistrement de quantités inexactes, de l'introduction d'une nouvelle référence article ou d'un emplacement de stock erroné, d'une sortie non autorisée, d'un vol, etc. Le comptage physique permet de localiser et de corriger ces erreurs.

Un inventaire tournant correspond à un inventaire physique du stock, effectué de façon répétitive à des intervalles de temps déterminés, une liste indique les articles à inventorier à une date donnée ou suivant un planning défini. Pour un article donné, la fréquence de l'inventaire tournant peut être hebdomadaire ou mensuelle par exemple ou éventuellement peut dépendre d'instructions de gestion prédéfinies relatives à la valeur d'inventaire de l'article, à sa consommation, aux classes ABC du stock. Le comptage est généralement effectué par une équipe régulière de vérificateurs de stocks sans devoir obligatoirement interrompre les mouvements de stocks dans le magasin.

L'application de l'inventaire tournant dans les entreprises évite de constater des écarts trop importants entre le théorique et le réel lors de l'inventaire annuel [3].

2.3. Conclusion

Dans une entreprise, il est important de gérer correctement les stocks générateurs de coûts non négligeables : coûts de détention, coûts d'acquisition ou de commande, coûts de rupture, coûts d'expédition.

La non-maîtrise des coûts de détention peut entraîner un taux de détention trop élevé. Il en est de même pour les coûts d'acquisition ou coûts de passation des commandes. Si ces deux coûts peuvent être mesurés assez facilement, il n'en est pas de même en ce qui concerne les coûts de rupture. Ces derniers sont en général des coûts constatés suite à des manques de pièces, ils peuvent entraîner des arrêts de fabrication ou des délais non respectés. Si les ruptures sont dues à des délais non respectés, le client peut demander au fournisseur défaillant le paiement de pénalités de retard dont le montant peut être très élevé. De plus, une rupture peut entraîner des arrêts de production dont les conséquences peuvent être désastreuses pour l'entreprise : chômage technique des salariés, non-rentabilité des investissements matériels, perte de chiffres d'affaires, perte de clientèle, etc.

Notons également l'importance de connaître la valeur du taux de détention T ainsi que le coût d'une commande. Le taux de détention correspond à un pourcentage de la valeur du stock. Toute amélioration de ce taux ne peut être réalisée qu'en agissant sur les facteurs entrant dans sa détermination. En ce qui concerne le coût d'une commande, là aussi, la valeur du coût diminue si l'on agit sur les paramètres entrant dans le calcul de ce coût de passation de commande. Certaines entreprises améliorent leur coût de commande en réduisant par exemple le nombre de fournisseurs, ce qui a pour effet de simplifier la gestion administrative.

---

3. Le chapitre 9 présente en détail l'inventaire d'un stock.

Chapitre 3

Le fonctionnement d'un stock et la quantité économique de commande

3.1. Principe de fonctionnement d'un stock

Si nous reprenons le schéma de la figure 3.1, nous pouvons considérer que la constitution d'un stock est réalisée dès l'instant où une entrée est réalisée, c'est le cas pour l'entrée 1 qui met les stocks au niveau N1.

Dans un deuxième temps, le stock diminue au fur et à mesure que des sorties ont lieu. Les sorties 1 et 2 correspondent à des consommations qui entraînent une diminution du niveau antécédent N1.

Dans un troisième temps, il est nécessaire de lancer une commande pour réapprovisionner le stock, nous verrons par la suite qu'il existe différentes méthodes de réapprovisionnement.

Une première commande a généré une entrée 1, le même raisonnement implique qu'une commande 2 génère une entrée 2 et qu'une commande 3 entraîne une entrée 3.

Le temps qui s'écoule entre deux entrées en stock est appelé périodicité de réapprovisionnement. La périodicité est variable en fonction des méthodes de réapprovisionnement choisies. Sur le schéma (figure 3.1), on constate une périodicité 1 sans rupture de stock et une périodiçité 2 avec rupture de stock.

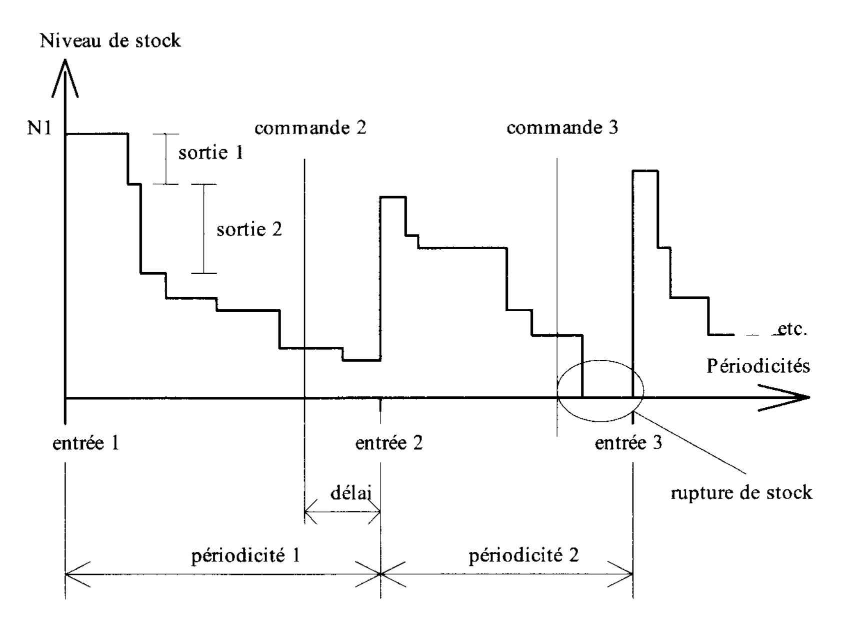


Figure 3.1. *Principe de fonctionnement d'un stock*

Une présentation plus simplifiée est en général utilisée pour représenter les mouvements d'un stock. Ainsi, les consommations sont considérées régulières et sont représentées linéarisées comme le montre la figure 3.2.

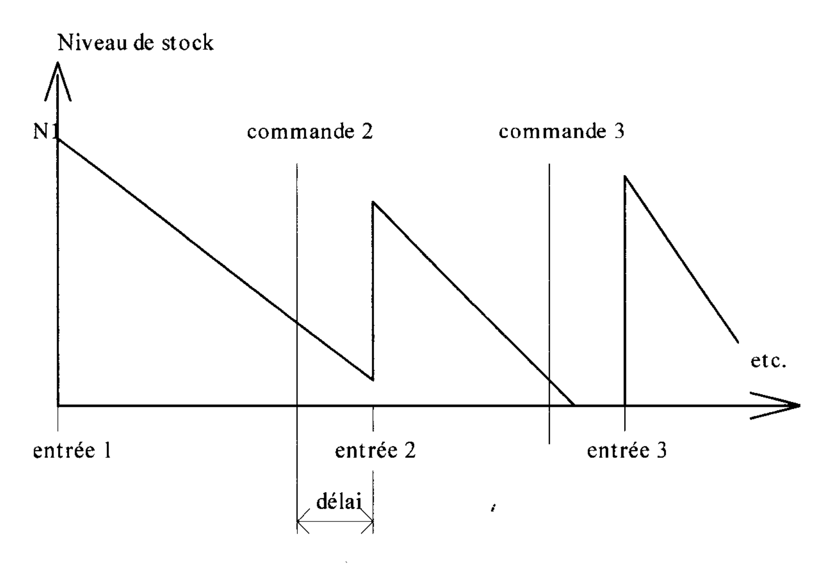


Figure 3.2. *Représentation simplifiée des mouvements d'un stock*

3.1.1. *La notion de stock de roulement*

Le stock de roulement (figure 3.3) est la partie du stock consommée entre deux entrées. Ainsi, le stock de roulement SRt représente les consommations durant la périodicité comprise entre les entrées 1 et 2 :

Stock de roulement = Stock initial – Stock restant en fin de période [3.1]

ou :

SRt = SI – S.Restant [3.2]

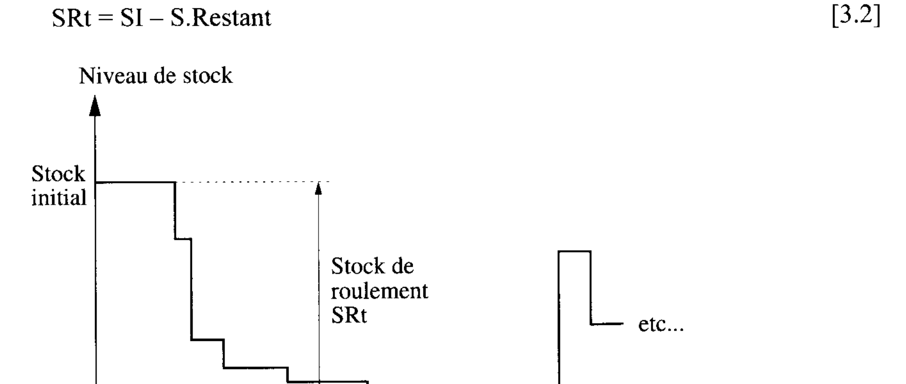


Figure 3.3. *Stock de roulement*

3.1.2. *Le stock amont et la formule de Wilson appliquée aux approvisionnements*

La gestion du flux amont-approvisionnement est basée sur la formule de Wilson qui permet de déterminer en quelque sorte la quantité « idéale » à commander et vise à optimiser le stock de roulement afin de minimiser les coûts de gestion de ce stock, il s'agit de trouver les conditions économiques d'achat.

Deux cas extrêmes sont à considérer :

– 1er cas : commander peu souvent, mais par grandes quantités ;

– 2e cas : commander souvent par quantités plus faibles.

Les deux graphiques (figure 3.4) illustrent les situations que nous venons d'exposer. Dans le premier cas, une commande est passée en début d'année, elle correspond aux besoins à satisfaire sur 12 mois, dans le deuxième cas, la commande est planifiée à raison d'une livraison par mois.

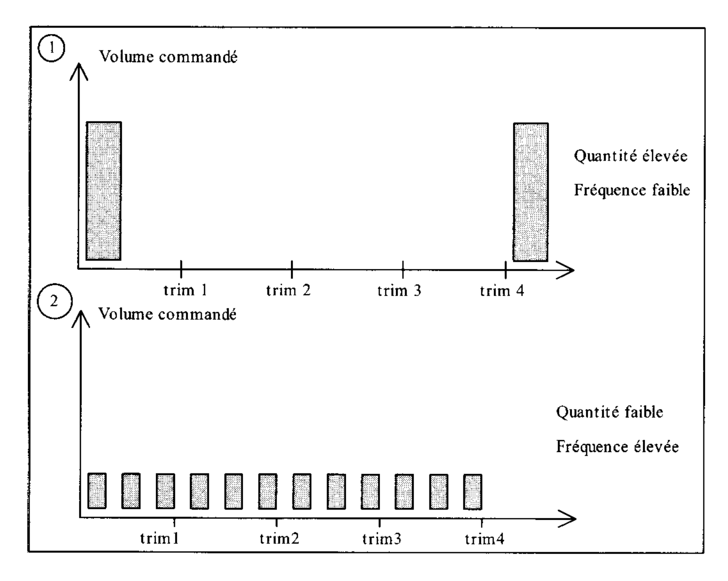


Figure 3.4. *Planification des approvisionnements*

Dans le cas 1, il est évident que les frais de passation de commande ou frais d'acquisition apparaîtront une seule fois dans l'année. Par contre, le fait de commander en une seule fois un stock qui peut être volumineux nécessite un volume de stockage important, donc des coûts de détention élevés. Dans le second cas, le fait de programmer les commandes à raison d'une tous les mois diminue les coûts de détention. Par contre, les coûts d'acquisition sont plus élevés si la commande fait l'objet d'une relance manuelle chaque mois. L'objectif est d'arriver à une quantité « idéale » qui minimise les coûts de stock.

Pour les démonstrations qui vont suivre (étude graphique des coûts et étude mathématique des coûts), nous adoptons les hypothèses simplificatrices suivantes :

– le coût d'acquisition est indépendant de la quantité commandée ;

– l'approvisionnement est réalisé sans rupture ;

– aucun stock de sécurité n'est prévu ;

– la demande est constante (une commande Q est approvisionnée régulièrement, les périodes de réapprovisionnement sont égales) ;

– l'avenir est certain, c'est-à-dire supposé connu parfaitement.

Le graphique des mouvements de stock est présenté sur la figure 3.5. Les mêmes quantités sont commandées à intervalles réguliers, le graphique illustre un fonctionnement à périodicité fixe et quantité constante (q) sans rupture, c'est la situation idéale en avenir certain. Dans ce type de situation (voir figure 3.5), le stock moyen a pour valeur q/2, SI signifie stock initial et SF stock final.

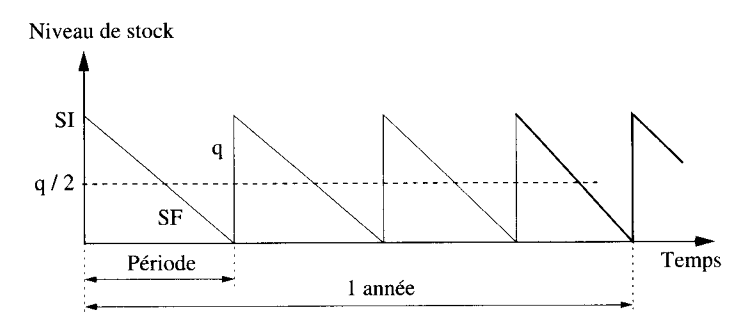


Figure 3.5. *Graphique des mouvements des stocks en avenir certain*

3.1.2.1. *Etude graphique des coûts*

Wilson s'est penché sur cette problématique de gestion et a essayé de trouver le juste équilibre qui permet de limiter les coûts liés au stock. D'un point de vue graphique, le problème peut être abordé de deux manières, soit en adoptant un raisonnement à partir de la quantité par commande, soit en raisonnant à partir du nombre de commandes annuel.

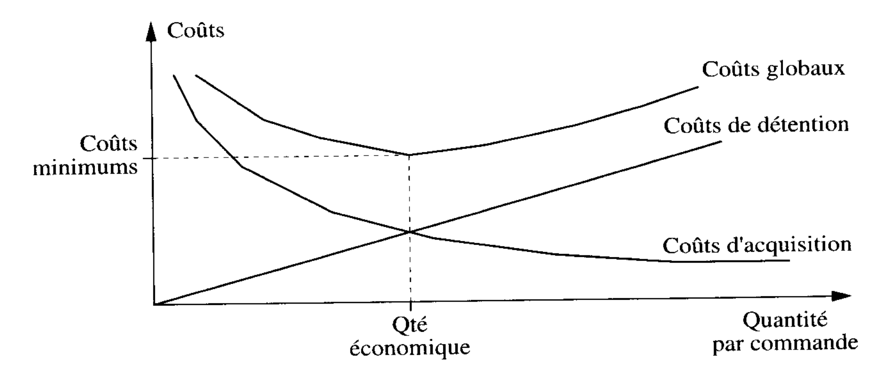


Figure 3.6. *Coûts minimums et quantité économique de commande*[1]

1. On considère que les coûts de détention sont nuls lorsque la quantité commandée est égale à zéro. En réalité, il existe toujours des coûts fixes même si l'on ne détient aucun stock.

La figure 3.6. illustre la relation entre la quantité à commander et les coûts minimums. La résultante est issue de la somme graphique des coûts de détention et d'acquisition. Cette courbe se caractérise par un point minimum qui met en relation la quantité économique de commande avec les coûts minimums. On constate qu'une quantité commandée inférieure ou supérieure à la quantité économique entraîne une augmentation des coûts.

3.1.2.2. *Etude mathématique des coûts et démonstration de la formule de Wilson*

Nous venons de présenter l'analyse graphique des coûts de stockage. Nous allons étudier mathématiquement les équations des courbes représentatives des coûts d'acquisition et des coûts de détention. Pour un article x donné, nous appellerons :

- S, les besoins que l'on prévoit de satisfaire dans l'année ;
- u, le prix d'achat unitaire ;
- T, le taux de détention, il s'agit toujours d'un taux exprimé en % ;
- a, le coût d'acquisition en unités monétaires/commande ;
- q, la quantité commandée ;
- n, le nombre de commandes = S/q ;
- q/2, le stock de roulement moyen.

Considérons les graphiques précédents et calculons les différents coûts.

Les coûts de détention Cd représentent un pourcentage de la valeur du stock, ce pourcentage s'exprime par le taux T. Ces coûts de détention Cd sont exprimés en fonction de q : Cd = T.u.q/2 (formule valable pour le premier graphique). Puisque q = S/n, nous aurons également Cd exprimé en fonction de n : Cd = T.S.u/2.n.

Calcul des coûts d'acquisition Ca : ils sont fonction du nombre de commandes n passées durant l'année. Si a représente le coût d'acquisition pour une commande, le coût à l'année est égal à Ca = an. Puisque n = S/q, nous obtiendrons une deuxième formule : Ca = a.S/q.

Résumé des formules obtenues :

$$Cd = T.u.q/2 = T.S.u/2.n \qquad [3.3]$$

$$Ca = an = a.S/q \qquad [3.4]$$

La somme des coûts correspond aux :

$$\text{Coûts totaux} = Ct = Cd + Ca \qquad [3.5]$$

Par rapport à q, nous avons :

Coûts totaux = Ct = T.u.q/2 + a.S/q

Par rapport à n, nous avons :

Coûts totaux = T.S.u/2.n + an

Nous voyons sur les graphiques que le minimum correspond à l'annulation de la dérivée.

L'optimisation de la quantité à commander est obtenue en dérivant par rapport à q :

$$dCt/dq = T.u/2 - a.S/q^2 = 0 \quad [3.6]$$

En développant, on obtient la quantité économique de commande qui s'exprime par la formule de Wilson :

$$q = \sqrt{\frac{2aS}{Tu}} \quad [3.7]$$

L'optimisation du nombre de commandes est obtenue en dérivant par rapport à n :

$$dCt/dn = - T.S.u/2n^2 + a = 0$$

d'où :

$$n = \sqrt{\frac{T.S.u}{2a}} \quad [3.8]$$

La périodicité de commande p peut également être déterminée en fonction des coûts de passation et de détention. Sachant que :

– $p = 12/n$ (p est exprimée en mois) ;

– $n = \sqrt{\frac{T.S.u}{2a}}$.

On calcule :

$$p^2 = 12^2/(T.S.u/2a) = 288a/T.S.u \quad [3.9]$$

On en déduit $p = \sqrt{\frac{288.a}{T.S.u}}$ qui correspond à la périodicité de commande en mois.

REMARQUE 1.– Nous pouvons retrouver la formule de Wilson de manière plus simple, sans passer par le calcul de la dérivée. Il suffit de constater que la quantité économique est obtenue lorsque le coût d'acquisition est égal au coût de détention (hypothèse simplificatrice ; on considère que les coûts de détention sont nuls dès le départ) :

Coût de détention Cd = Tuq/2 = T.S.u/2.n

Coût d'acquisition Ca = an = a. S/q

d'où Cd = Ca à l'intersection des 2 courbes sur le graphique 10,6 :

$Tu\ q/2 = a.S/q$

$Tu\ q^2 = 2.a.S$

$q^2 = 2.a.S/Tu$

$$q = \sqrt{\frac{2.a.S}{T.u}}$$

REMARQUE 2.– Cette quantité économique peut être remise en cause :

– s'il s'agit de produits périssables, la notion de quantité économique n'est plus valable ;

– si le fournisseur propose des conditions économiques d'achat (remise si l'on commande en quantité supérieure), la formule n'est pas obligatoirement à utiliser.

L'application de la formule de Wilson dépend de la nature du produit. On ne va pas commander tous les trois mois des yaourts qui font l'objet d'une date limite de consommation, il en est de même pour certains produits industriels comme des colles spéciales qui font l'objet de date limite d'utilisation. L'expérience prouve qu'un dépassement de la date limite peut entraîner la mise au rebut de produits dont la quantité commandée était trop élevée par rapport à la consommation réelle. Attention donc aux produits périssables qui font l'objet d'une date de péremption. Pour ces produits, la règle de gestion à appliquer est le FIFO (*first in first out* ou premier entré premier sorti).

Il faut également préciser qu'il faudrait revoir les calculs des frais de détention d'un stock et les frais de passation de commande dès qu'une modification intervient (exemple : évolution du prix unitaire qui modifie la valeur des coûts de détention). Toute évolution des coûts de possession ou de commande entraîne une modification de la valeur de la quantité économique donc de la périodicité de commande. Dans la pratique, la révision intervient si la variation des ces frais est très importante.

Il peut être intéressant d'accepter des conditions financières proposées par un commercial qui accorde une remise en fonction des quantités commandées. Il est néanmoins conseillé d'être très prudent dans certains cas. Supposons qu'un fournisseur de composants électroniques vous propose une remise très intéressante sur une quantité minimum de 1 000 alors que votre quantité optimale calculée par la formule de la quantité économique donne 100. Il y a lieu dans ce cas de vérifier s'il n'y a pas risque d'obsolescence à court ou moyen terme. On peut se poser plusieurs questions :

– ces besoins de 1 000 correspondent à une période de consommation de quelle durée ?

– N'y a-t-il pas risque d'obsolescence après un certain temps, les caractéristiques des composants électroniques évoluant souvent très rapidement ?

Nous allons étudier maintenant plusieurs exemples pour mieux comprendre le calcul de la quantité économique, ses avantages et ses inconvénients.

3.2. Exemples

3.2.1. *Exemple 1 : Application de la formule de Wilson*

Les caractéristiques d'un article en stock sont les suivantes : S = 1 000 articles à prévoir pour l'année, u = 1,52 €, T = 20 % (taux de détention de l'article), a = 0,3 €. Déterminer la quantité économique de Wilson et le nombre de commandes pour l'année.

Solution

La formule est la suivante :

$$q = \sqrt{\frac{2.a.S}{T.u}}$$

Remplaçons par les valeurs :

$$q = \sqrt{\frac{2 \times 0,3 \times 1\,000}{0,2 \times 1,52}} = 45 \text{ articles par commande}$$

Nous pouvons en déduire le nombre de commandes annuel de deux manières différentes :

– soit en calculant directement n = S/q = 1 000/45 = 23 commandes à l'année (environ) ;

– soit en utilisant la formule :

$$n = \sqrt{\frac{T.S.u}{2.a}} = \sqrt{\frac{0,2 \times 1\,000 \times 1,52}{2 \times 0,3}} = 23\,\text{commandes}$$

d'où une périodicité exprimée en nombre de jours : p = 365 jrs/23 = 15 jours, soit 2 commandes par mois ou en nombre de mois : p = 12 mois/23 = 0,5 mois.

3.2.2. *Exemple 2 : formule de la quantité économique et seuil de remise*

Les conditions d'achat sont à prendre en compte lorsque le fournisseur accorde des seuils de remise voir [BEA 85]. Des remises de prix peuvent être accordées en fonction des quantités achetées, il faut alors vérifier que le budget d'achat, c'est-à-dire l'ensemble des dépenses liées à la commande n'est pas supérieur avec la remise, au budget d'achat dans d'autres conditions[2].

La remise accordée par le fournisseur est de l'ordre de 15 % si les quantités commandées sont supérieures ou égales à 1 000 articles. Les données sont les suivantes : S = 7 200 articles à prévoir dans l'année, le prix unitaire s'élève à 4,57 €, le taux de détention T est estimé à 20 % et le coût d'acquisition a s'élève à 22,86 €.

Calculer les budgets d'achat dans les cas où la remise n'est pas prise en compte et dans le cas où l'on tient compte de cette remise en passant des commandes de 1 000 articles.

Solution

Le budget d'achat B correspond à l'ensemble des dépenses engagées, il est égal à la somme :

$$B = Ct + S.u \qquad [3.9]$$

Ct représente le coût total, c'est-à-dire la somme Ca + Cd, S.u représente le chiffre d'affaires du fournisseur (S représente les besoins à prévoir dans l'année, u correspond au prix unitaire).

Calculons le budget à partir des données suivantes : soit S = 7 200 articles à prévoir dans l'année, le prix unitaire s'élève à 4,57 €, le taux de détention T est estimé à 20 % et le coût d'acquisition a s'élève à 22,86 €.

2. Qu'est-ce que le budget d'achat lié à une commande ? Prenons pour exemple l'achat d'un véhicule automobile. Si un véhicule a un prix unitaire de 20 000 €, le budget lié à l'achat du véhicule est supérieur et prend en compte les frais d'assurance, de carte grise, de carburant, de garage, etc. Ces différents frais correspondent aux frais d'acquisition et de détention du véhicule.

Dans un premier temps, nous calculons la quantité économique de commande en appliquant la formule de Wilson.

$$q = \sqrt{\frac{2.a.S}{T.u}} = \sqrt{\frac{2 \times 22,86 \times 7\,200}{0,2 \times 4,57}} = 600 \text{ articles par commande}$$

Le nombre de commandes à l'année sera n = S/q = 7 200/600 = 12 commandes à l'année, donc une commande par mois.

Dans le cas où la remise n'est pas prise en compte, le budget se calcule par la formule suivante :

- B = Cd + Ca + valeur du stock ;
- B = Tuq/2 + a.S/q + S.u ;
- B = (0,2 × 4,57 × 600/2) + (22,86 × 7 200/600) + (7 200 × 4,57) ;
- B = 33 452 €.

Dans le cas où la remise est prise en compte, le prix unitaire doit être diminué de 15 %, montant de la remise accordée si le client commande par quantité de 1 000.

- prix unitaire u sans la remise = 4,57 € ;
- prix unitaire u avec la remise = 4,57 – (15 % × 4,57) = 3,88 €.

Le nouveau budget a pour valeur :

- B = (0,2 × 3,88 × 1 000/2) + (22,86 × 7 200/1 000) + (7 200 × 3,88) ;
- B = 28 521 €.

Que constate-t-on ? Le fait d'accepter les conditions du fournisseur a pour conséquence de diminuer le budget global d'achat[3]. Il est donc préférable dans le cas présent d'accepter la remise et d'approvisionner des quantités de 1 000 articles ou plus. La formule de Wilson n'est pas à négliger, néanmoins, elle doit être utilisée avec précaution, cet exemple montre qu'elle peut être remise en cause. Le calcul peut être effectué également avec q = 1 200, dans ce cas, le budget B s'élève à 28 593 €.

---

3. Il est intéressant de faire les calculs en augmentant le taux de détention. On constate dans certains cas, que la remise n'est pas toujours à prendre en compte si le taux de détention est trop élevé. En effet, si l'on accepte une remise en commandant des quantités plus importantes mais générant des coûts de stockage élevés, les conditions proposées par le fournisseur ne sont pas à retenir.

3.2.3. *Exemple 3 : étude des différents coûts de stockage*

Dans une entreprise, les calculs sont effectués pour un nombre variable de commandes sur l'année (n compris entre 1 commande annuelle et 4 commandes annuelles). Les besoins sur l'année sont de 2 000 articles, le coût d'acquisition est de 211,16 € par commande, le coût unitaire est de 3,35 € et le coût de stockage s'élève à 26 %.

1. Calculer les différents frais liés au stock (frais d'achats, frais de passation de commande Ca, frais de détention de stock Cd).

2. Présenter les résultats sous forme de graphique.

Solution

1. Calcul des différents frais liés au stock : le tableau ci-dessous (figure 3.7) présente le calcul approché des différents coûts. Une commande par an correspond à une quantité commandée de 2 000 articles, deux commandes par an correspondent à une quantité de 2 000/2 = 1 000, trois commandes par an à 2 000/3 = 666 et quatre commandes à 2 000/4 = 500 articles.

Calcul des coûts de stock

Nombre de commandes	**Qté/commande**	**Coûts d'achat**	**Coûts d'acquisition**	**Coûts de détention**	**Budget total**
n	q	S.u	Ca = an	Cd = Tuq/2	S.u + Ca + Cd
1	2 000	6 700	211,16	871	7 782,16
2	1 000	6 700	422,32	435,5	7 557,82
3	666	6 700	633,48	290	7 623,52
4	500	6 700	844,64	217,75	7 762,4

Figure 3.7. *Calcul des différents coûts en fonction du nombre de commandes*

Nous pouvons calculer également la quantité économique en nous basant sur les données précédentes :

$$q = \sqrt{\frac{2.a.S}{T.u}} = \sqrt{\frac{2 \times 211,16 \times 2\,000}{0,26 \times 3,35}} = 984$$

soit environ 1 000 articles par commande.

La fréquence de commandes a pour valeur n = S/q = 2 000/1 000 = 2 commandes par an, soit 1 commande tous les 6 mois.

Si nous comparons ce résultat avec les valeurs trouvées dans le tableau précédent, nous nous apercevons que les coûts minimums correspondent effectivement à cette valeur de quantité économique de commande. Nous constatons sur le graphique (figure 3.8) que les coûts globaux augmentent de part et d'autre de la quantité économique par commande. Nous pouvons également représenter les courbes des frais d'acquisition et des frais de détention. La courbe croissante représente Ca = an, la courbe décroissante représente Cd = Tuq/2.

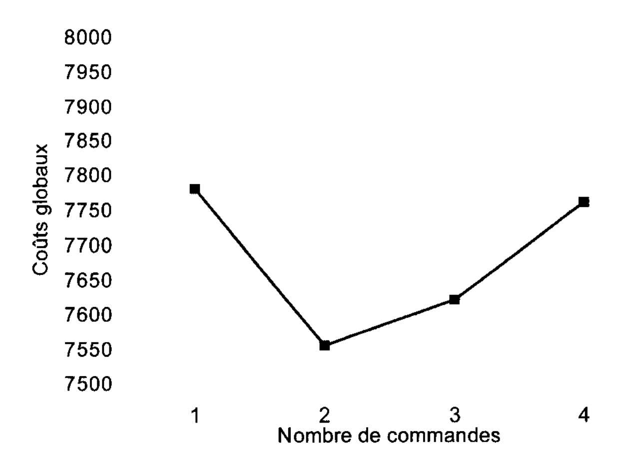


Figure 3.8. *Graphique des coûts globaux (en €)*

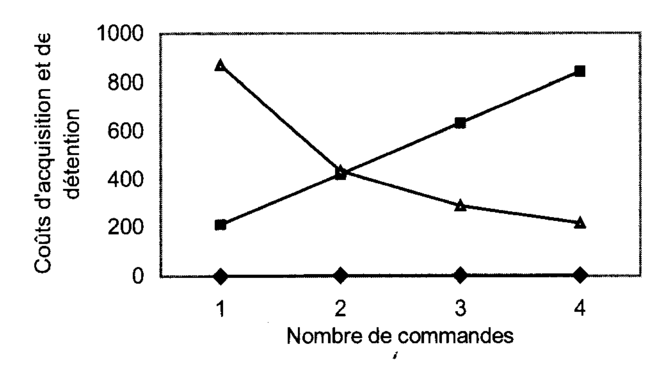


Figure 3.9. *Coûts d'acquisition et coûts de détention (en €)*

3.2.4. *Exemple 4 : étude des différents coûts de stockage avec remise sur quantité commandée*

Dans une entreprise, pour un article donné, les besoins sur l'année sont de 500, le coût d'acquisition est de 53,36 € par commande, le coût unitaire est de 5,33 € et le taux de stockage s'élève à 25 %. Les calculs des frais d'acquisition et de détention sont effectués pour un nombre variable de commandes sur l'année (n prenant pour valeur 1, 2, 3, 4, 5).

1. Calculer les différents frais liés au stock (frais d'achats, frais d'acquisition de commande Ca, frais de détention de stock Cd).

2. Calculer la quantité économique de commande.

3. Tracer les graphiques des différents coûts liés au stock.

4. Calculer les coûts minimums correspondants à la quantité économique.

5. Analyser les coûts sachant que le fournisseur accorde une remise de 20 % si les commandes passées sont égales ou supérieures à 500 (le calcul sera effectué avec q = 500).

Solution

1. Calcul des différents frais liés au stock

Le tableau ci-dessous (figure 3.10) présente le calcul approché des différents coûts.

Nbre de commandes	**Qté/ commande**	**Coûts d'achat**	**Coûts d'acquisition**	**Coûts de détention**	**Somme des coûts**	**Budget total**
n	q	S.u	Ca = an	Cd = Tuq/2	Ca + Cd	S.u + Ca + Cd
1	500	2 665	53,36	333,12	386,48	3 051,48
2	250	2 665	106,72	166,50	273,22	2 938,22
3	166	2 665	160,08	110,59	270,67	2 935,67
4	125	2 665	213,44	83,30	296,74	2 961,74
5	100	2 665	266,80	66,62	333,42	2 998,42

Figure 3.10. *Coûts d'acquisition et coûts de détention (en €)*

2. Calcul de la quantité économique de commande

Nous pouvons calculer également la quantité économique en nous basant sur les données précédentes :

$$q = \sqrt{\frac{2.a.S}{T.u}} = \sqrt{\frac{2 \times 53,36 \times 500}{0,25 \times 5,33}} = 200 \text{ articles/commandes}$$

Pour une quantité économique de 200, le nombre de commandes est n = 500/200 = 2,5 commandes par an, c'est-à-dire une commande tous les 12/2,5 = 4,8 mois.

3. Tracé des graphiques : les graphiques des coûts de détention et d'acquisition sont illustrés figure 3.11. Le graphique de la somme des coûts apparaît sur la figure 3.13, on voit que le minimum est atteint lorsque les coûts de détention sont égaux aux coûts d'acquisition (Ca = Cd = 133,4 €) pour q = 200.

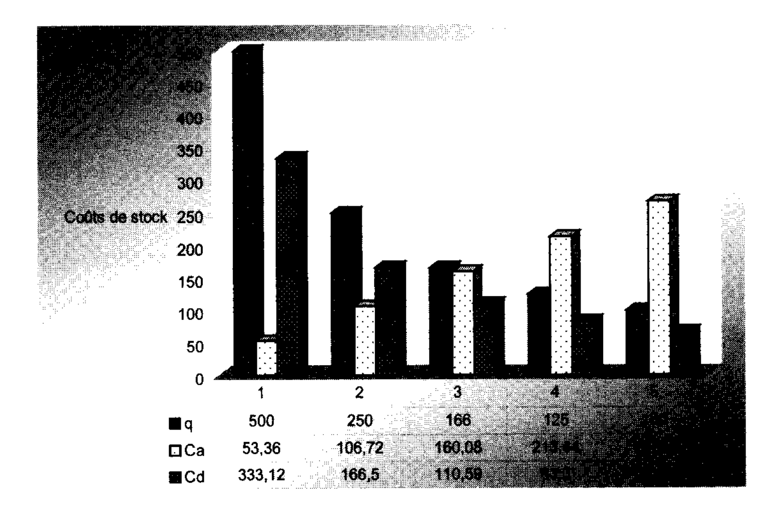


Figure 3.11. *Graphique des coûts d'acquisition et coûts de détention (€)*

Nombre de commandes	Qté/commande	Budget total
n	q	S.u + Ca + Cd
1	500	3 051,48
2	250	2 938,22
3	166	2 935,67
4	125	2 961,74
5	100	2 998,42

Figure 3.12. *Tableau de calcul des coûts globaux*

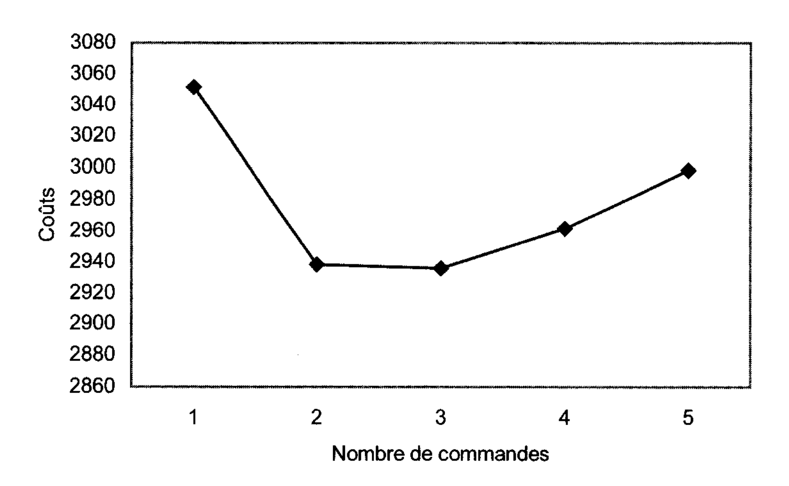


Figure 3.13. *Graphique des coûts globaux de stock*

4. Calcul des coûts minimums : dans le cas où la remise n'est pas prise en compte, le budget se calcule par la formule suivante :

– B = Cd + Ca + valeur du stock ;

– B = Tu q/2 + a. S/q + S.u ;

– B = (0,25 × 5,33 × 200/2) + (53,36 × 500/200) + (500 × 5,33) ;

– B = 2 931,8 €.

Dans le cas où la remise est prise en compte, le prix unitaire doit être diminué de 20 %, montant de la remise accordée si le client commande par quantité de 500 :

– prix unitaire u sans la remise = 5,33 € ;

– u avec la remise = 5,33 – (20 % × 5,33) = 4,26 €.

Le nouveau budget a pour valeur :

– B = (0,25 × 4,26 × 500/2) + (53,36 × 500/500) + (500 × 4,26) ;

– B = 2 449,61 €.

Que constate-t-on ? Le fait d'accepter les conditions du fournisseur a pour conséquence de diminuer le budget global d'achat. Il convient donc, dans le cas présent d'accepter la remise et d'approvisionner des quantités de 500 articles (s'il

s'agit bien sûr d'articles ne faisant pas l'objet d'une date limite d'utilisation, dans le cas présent une commande de 500 correspond au besoin annuel).

3.2.5. *Exemple 5 : choix d'une politique de production, détermination de la taille du lot à fabriquer*

Cet exemple a pour objet de montrer que la quantité économique peut également s'appliquer à des lancements en production. En effet, lors d'un lancement, on peut être amené à se poser la question suivante : quelle est la quantité la plus économique pour un ordre de fabrication ?

Une entreprise doit choisir entre trois politiques de production pour la fabrication d'un sous-ensemble électronique :

- lancer des lots hebdomadaires ;
- lancer des lots bimensuels ;
- lancer des lots mensuels (hypothèse : une année = 12 mois = 52 semaines).

Les caractéristiques du sous-ensemble sont les suivantes : besoins annuels S = 2 400 unités :

- coût de préparation a = 200 €/lot ;
- coût unitaire u = 600 € ;
- coût de détention du stock T = 25 % ;
- comparer les différentes politiques et justifier du choix final.

Solution

1. Calcul de la quantité économique

$$q = \sqrt{2aS/Tu} = \sqrt{2 \times 200 \times 2\,400 / 0,25 \times 600} = 80$$

n = S/q = 2 400/80 = 30 lancements par an.

2. Calcul des coûts en fonction de la politique de fabrication

Les calculs montrent que le choix optimal correspond à des lots bimensuels (figure 3.14).

Politique	**Nombre de lancements dans l'année n**	**Qté q d'un lot**	**Coûts de préparation Cp = an**	**Coûts de détention Cd = Tuq/2**	**Coûts totaux Ct**
Semaine	52	2 400/52 = 46	200 × 52 = 10 400	0,25 × 600 × 46/2 = 3 450	13 850
Quinzaine	26	92	5 200	6 900	12 100
Mois	12	200	2 400	15 000	17 400

Figure 3.14. *Calcul des coûts en fonction de la politique de fabrication*

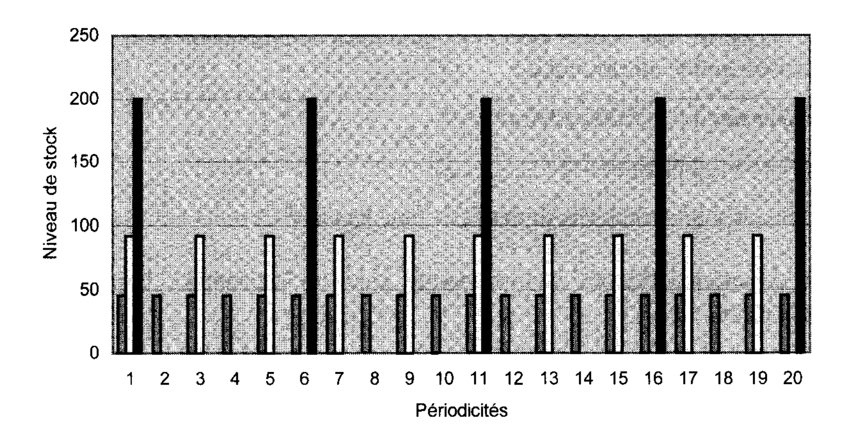


Figure 3.15. *Comparaison graphique des trois politiques de fabrication*

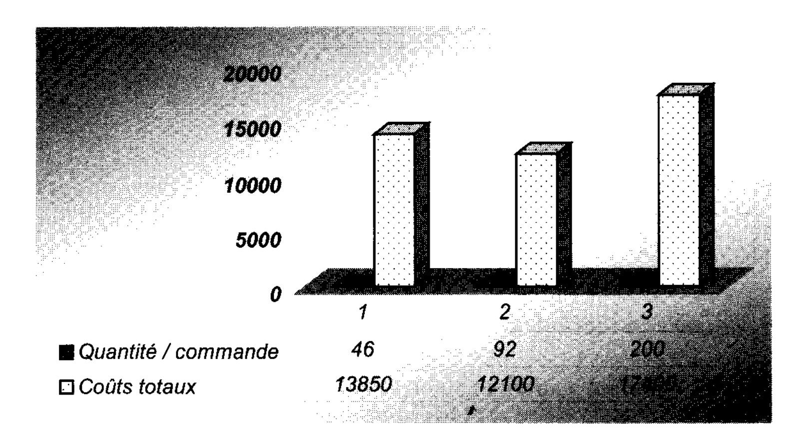


Figure 3.16. *Quantité par commande et coûts totaux*

3.2.6. *Exemple 6 : groupage de commandes chez un fournisseur*

A l'instant t, les coûts administratifs ou de transport peuvent être réduits en groupant les commandes de plusieurs articles chez un même fournisseur.

On calcule le nombre optimal de commandes groupées à réaliser auprès du fournisseur.

Les symboles utilisés sont les suivants :
- u = coût unitaire de l'article ;
- T = taux de détention du stock ;
- S = demande de consommation annuelle ;
- a = coût d'acquisition ou de passation de commande par référence ;
- N = nombre de commandes pour le groupe.

La formule de la quantité économique est :

$$q = \sqrt{2aS / Tu}$$

$$n = \sqrt{TSu / 2a}$$

Le nombre de commandes optimal N est obtenu par la formule :

$$n = \sqrt{\frac{T\sum S_i u_i}{2a}}$$

avec :
- S_i = besoins pour un article ;
- u_i = prix unitaire pour un article ;
- a = coût d'acquisition × nombre de références.

Pour chacun des articles :

$$q_i = S_i/n$$

Application

Soit 3 articles U, V, W dont nous voulons grouper les commandes.

Pour chaque article, les besoins annuels et les coûts unitaires sont les suivants :

Article	Besoins annuels	Coût unitaire
U	500	100 €
V	1 500	20 €
W	3 000	250 €

Pour une commande regroupée, le coût de passation de commande par référence est de 120 €, le taux de détention T s'élève à 25 %.

Questions :

– 1. Calculer le nombre de commandes ;

– 2. Calculer la quantité commandée pour chaque article.

Solution

On calcule tout d'abord le nombre de commandes optimal en fonction des données :

$$n = \sqrt{\frac{T\sum S_i u_i}{2a}}$$

$$n = \sqrt{\frac{0,25[(500 \times 100) + (1\,500 \times 20) + (3\,000 \times 250)]}{2 \times 3 \times 120}}$$

n = 17 commandes

Ce qui correspond à une périodicité de commande d'une valeur de : 365/17 = 21 jours.

Pour chaque article, nous avons les valeurs suivantes.

Article	$q_i = S_i/n$
U	30
V	88
W	176

REMARQUE.– Lorsque l'on commande simultanément plusieurs articles chez le même fournisseur, on recherche une périodicité commune de commande.

3.2.7. *Exemple 7 : cas des remises en fonction des quantités achetées*

Les fournisseurs peuvent proposer des systèmes de remise sophistiqués. Deux types de remise proposés par les fournisseurs sont présentés : les remises uniformes, les remises dégressives par tranches.

Les remises uniformes

Il convient d'accepter les conditions proposées par le fournisseur à partir de l'instant où le budget d'achat avec remise devient inférieur au budget d'achat sans la remise.

Rappelons que le budget d'achat B correspond à l'ensemble des dépenses engagées, il est égal à la somme :

$$B = Ct + S\,u$$

Ct représente le coût total, c'est-à-dire la somme Ca + Cd

Cd = coût de détention et Ca = coût d'acquisition

S u représente le chiffre d'affaires du fournisseur (S représente les besoins à prévoir dans l'année, u correspond au prix unitaire)

$$B = Cd + Ca + \text{valeur du stock}$$

$$B = T.\,u.\,q/2 + a.\,S/q + S.u$$

Les remises dégressives par tranches

Certains fournisseurs fixent leurs prix catalogue, ou devis, par « tranches », la remise accordée est fonction des quantités commandées[4]. La remise dégressive porte sur une « tranche de commande » et non sur la totalité de la commande, ce qui signifie que la première tranche est acquise au prix unitaire de x euros, que la deuxième tranche sera payée au prix de x euros moins le remise accordée pour cette tranche, etc.

EXEMPLE.– Soit un article dont le fournisseur propose les prix suivants :

– de 1 à 100, le prix unitaire est de 50 € ;

– de 101 à 200, le prix unitaire est de 49 €.

4. La méthode est utilisée dans le secteur de l'imprimerie.

Si la commande est de 150 articles, la facture à payer s'élèvera à :

$$(50 \times 100) + [49 \times (150 - 100)] = 5000 + 2450 = 7450\ €$$

Application : gestion des approvisionnements en appliquant la remise uniforme

Vous êtes chargé d'améliorer la gestion des approvisionnements d'une entreprise. Vous vous intéressez plus particulièrement à la pièce codifiée KL 303 qui fait l'objet de ruptures régulières.

Les données du problème sont les suivantes.

Caractéristiques de l'article codifié KL 303	
Besoins dans l'année	12 000 pièces
Coût d'acquisition	50 €
Taux de détention	25 %
Prix d'achat unitaire	30 €
Délai d'approvisionnement	2 semaines
Catégorie de l'article (classement ABC)[5]	A
Coût de rupture d'approvisionnement	5 000 € la minute
Point de commande	200
Stock de sécurité	0

Figure 3.17. *Caractéristiques de l'article*

Le fournisseur ne livre que des multiples de 100 et accorde des remises à partir d'une certaine quantité commandée.

Pour cet article, on utilise la méthode de gestion à seuil d'alerte recalculé automatiquement chaque semaine sur un historique de 8 semaines. A chaque commande, les quantités approvisionnées s'élèvent à 300 pour un délai d'approvisionnement de 2 semaines.

5. Voir le chapitre 4 consacré aux classes ABC.

Prix unitaire (€)	**Quantité commandée**
32	< 100
30	100 à 399
25	400 à 799
24	800 à 999
23	1 000 à 1 499
22	1 500 minimum

Figure 3.18. *Prix de l'article en fonction des quantités achetées*

L'historique des consommations précédentes est le suivant.

Semaines	1	2	3	4	5	6	7	8
Sorties	195	205	200	220	180	185	215	200

1. Calculer les coûts de détention et d'acquisition pour des quantités approvisionnées égales à 300.

2. D'après vous, la quantité commandée est-elle à remettre en cause ? Justifiez votre réponse et précisez la quantité idéale à commander et les nouveaux coûts de détention et d'acquisition ?

3. La méthode à point de commande est utilisée pour gérer cet article. Est-ce justifié ? La quantité commandée actuellement est-elle correcte ?

Solution

1. Calcul des coûts de détention et d'acquisition pour des quantités approvisionnées égales à 300

Moyenne des consommations sur la période passée : 1 600/8 = 200

Cd = T. u. q/2 = 0,25 × 30 × 300/2 = 1 125

Ca = a. S/q = 50 × 12 000/300 = 2 000

Somme des coûts = Ca + Cd = 3 125 €

2. D'après vous, la quantité commandée est-elle à remettre en cause ? Justifiez votre réponse et précisez la quantité idéale à commander et les nouveaux coûts de détention et d'acquisition ?

On constate que les coûts sont différents, ce qui signifie que l'on n'atteint pas l'optimisation.

La formule de la quantité économique donne une valeur de

$$q = \sqrt{2.a.S/T.u} = \sqrt{2x50x12000/0.25x30}$$

q = 400 par commande

Pour une quantité de 400, le fournisseur vend au prix unitaire de 25 €.

D'où :

$Cd = T.\ u.\ q/2 = 0,25 \times 25 \times 400/2 = 1250$

$Ca = a.\ S/q = 50 \times 12\ 000/400 = 1500$

Somme des coûts = 2750 €

3. La méthode à point de commande est utilisée pour gérer cet article. Est-ce justifié ? La quantité commandée actuellement est-elle correcte ?

Oui, la méthode est justifiée puisqu'il s'agit d'un article de classe A et que le coût de rupture est élevé : 5 000 €.

La quantité commandée n'est pas correcte, elle ne correspond pas à la quantité économique calculée.

Le point de commande est-il correct ? Le point de commande se calcule en appliquant la formule :

Seuil = Consommation moyenne pendant le délai + stock de sécurité

Dans notre cas, le seuil est égal à $(200 \times 2) + 0 = 400$.

Le niveau est insuffisant car il s'agit d'un article de classe A pour lequel il est nécessaire de calculer un stock de sécurité. La valeur de l'article à 30 € permet de fixer un niveau de SS à un coût raisonnable.

3.3. Le stock aval et la qualité du service clients

Le stock aval est le stock destiné à la clientèle. Pour cette dernière, on distingue d'une part les clients extérieurs à l'entreprise et acheteurs de produits finis, d'autre part les clients internes, c'est-à-dire la fabrication qui doit disposer dans les délais, des articles, des pièces ou de la matière première pour produire. Dans les deux cas, la notion de stock de sécurité est à prendre en considération pour éviter les problèmes en aval et assurer la qualité du service client.

La notion de gestion en juste-à-temps prédomine dans beaucoup d'entreprises avec un raisonnement zéro stock et respect des délais. Il s'agit d'éviter de se trouver en rupture de stock dans un contexte de déclenchement de la fabrication à réception de la commande. Les conséquences d'une rupture de stock peuvent être graves pour une entreprise : perte de chiffre d'affaires, pénalités de retard si les délais ne sont pas respectés, perte de clientèle, etc.

Pour éviter les ruptures, on fixe des stocks de sécurité qui doivent être calculés judicieusement. L'entreprise peut financer elle-même des niveaux de stock qui évitent ces ruptures ou faire appel à des financements extérieurs. Dans ce dernier cas, les frais financiers peuvent être élevés, d'où la nécessité de déterminer les niveaux des stocks de sécurité en fonction des catégories d'articles en magasin.

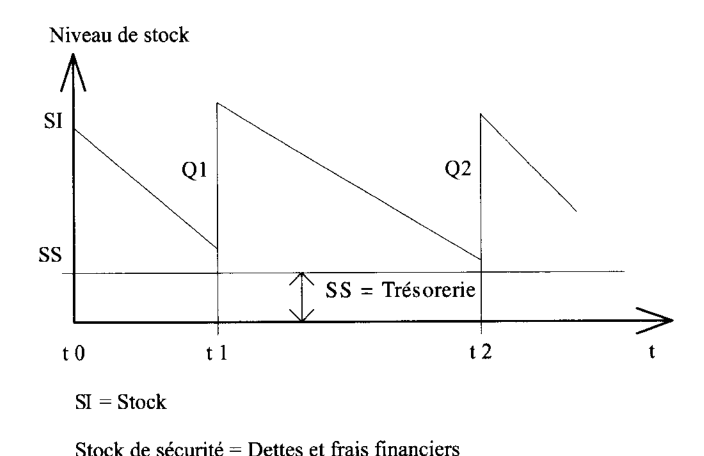


Figure 3.19. *Coût du stock de sécurité SS*

Toute entreprise doit être consciente qu'un stock de sécurité nécessite des besoins en fonds de roulement et que son niveau dépend des objectifs choisis. Pour pallier aux aléas, le stock de sécurité doit être déterminé en fonction des risques

acceptés par l'entreprise. On considère que ces aléas sont dus à des variations de la consommation pendant la période et le délai d'obtention des approvisionnements.

Le détail du calcul du stock de sécurité est abordé après la présentation des différentes méthodes de gestion des stocks [6].

3.4. Le fonctionnement d'un stock

3.4.1. *Taux de service et taux de rotation d'un stock*

3.4.1.1. *Le taux de service*

Le taux de service correspond à une valeur de pourcentage qui traduit l'efficacité du fournisseur.

Plusieurs formules permettent de calculer le taux de service[7] :

T.S. = Nombre de commandes reçues/Nombre de commandes attendues [3.10]

T.S. = Consommations sur une période/Besoins sur la période [3.11]

La première formule traduit l'efficacité d'un fournisseur qui doit livrer des commandes dans des délais précis. Supposons que, pour 100 commandes, 5 commandes aient fait l'objet d'un dépassement de délai (délai non respecté), le taux de service a pour valeur 95 %. Certaines entreprises affichent comme objectif, un taux de service égal à 98 %.

La deuxième formule signifie que, pour une période donnée, les besoins en consommation n'ont pas été honorés. Une rupture de stock est apparue sur la période comprise entre deux approvisionnements, le taux de service est en conséquence inférieur à 100 %. Pour une période sans rupture, le taux de service s'élève à 100 %.

Dans les entreprises, le suivi du taux de service est un indicateur pertinent qui permet de mesurer l'efficacité du fournisseur[8]. La figure 3.20 traduit le suivi d'un taux de service d'un fournisseur : après avoir affiché un taux de service correct durant les premières semaines, l'indicateur est à la baisse, il y a lieu d'améliorer la valeur du taux par des actions correctives auprès du fournisseur.

---

6. Voir le chapitre 6 consacré au calcul du stock de sécurité.
7. Voir également le chapitre 8 consacré au juste-à-temps.
8. Le taux de service permet de vérifier si les délais du fournisseur sont respectés.

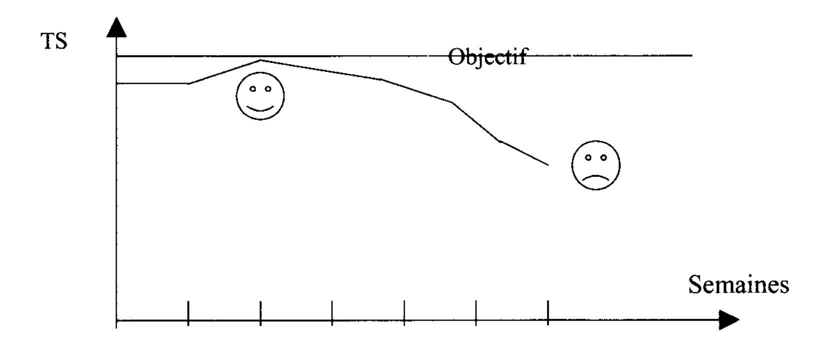


Figure 3.20. *Suivi du taux de service d'un fournisseur*

3.4.1.2. *Le taux de rotation d'un stock*

C'est l'instrument de mesure permettant de mesurer l'efficacité d'un stock. Le taux de rotation est le rapport du montant des sorties pendant une année sur la valeur moyenne du stock durant cette même année.

Formule de calcul du taux de rotation :

Taux de rotation = Consommation annuelle/Stock moyen [3.12]

Formule de calcul de la couverture de stock :

Couverture d'un stock (en jours) =
Nombre de jours dans l'année/Taux de rotation [3.13]

EXEMPLE 1.– Calcul du taux de rotation pour un article

Soit un stock moyen de 500 articles qui alimente une consommation annuelle de 3 000 articles dans une entreprise travaillant 365 jours dans l'année. Le taux de rotation a pour valeur : TR = 3 000/500 = 6. Ce stock « tourne » 6 fois ; jusqu'à une certaine limite, plus le taux est élevé et meilleure est la gestion. Pour un stock de 500 articles, la couverture aura pour valeur 365 jours/6 = 61 jours, ce qui signifie que l'on peut tenir durant 61 jours sans risque de rupture.

EXEMPLE 2.– Calcul du taux de rotation pour un ensemble d'articles

Ce même ratio peut être calculé pour un ensemble d'articles en stock. On prendra en compte les valeurs du stock moyen de chaque article ainsi que les valeurs en € de ces articles (figure 3.21).

Article	Consommation annuelle	Stock moyen	Coût unitaire (€)	Taux de rotation	Couverture
V	1 000	100	30	10	36,5 jours
W	2 000	50	10	40	9,12 jours
X	5 000	250	5	20	18,25 jours
Y	500	20	50	25	14,6 jours
Z	100	10	10	10	36,5 jours

Figure 3.21. *Calcul du taux de rotation pour un ensemble d'articles*

Taux de rotation pour l'ensemble du stock :

$$TR = (1\ 000 \times 30) + (2\ 000 \times 10) + (5\ 000 \times 5) + (500 \times 50) + (100 \times 10) / (100 \times 30) + (50 \times 10) + (250 \times 5) + (20 \times 5\ 0) + (10 \times 10) = 17{,}26.$$

3.4.2. *Les paramètres d'un stock*

A partir de l'instant où l'on connaît à la fois l'historique des demandes et les entrées en stock, il est possible, pour tout article, de schématiser le flux de ce produit à l'aide du graphique suivant qui illustre le mouvement des stocks (figure 3.22).

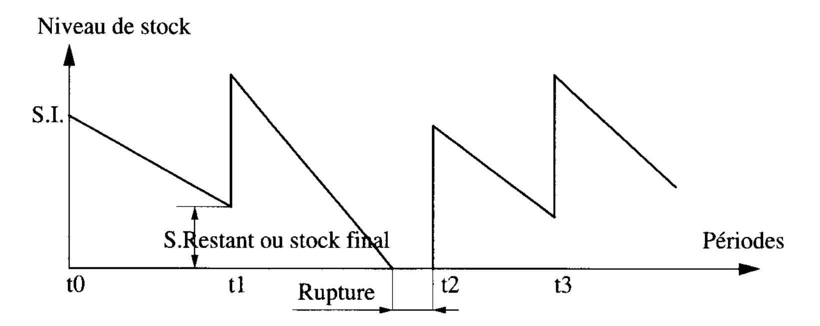


Figure 3.22. *Graphique des mouvements d'un stock*

Les entrées ont lieu en t0, t1, t2, t3. On note une rupture durant la deuxième période, ce qui signifie que le stock résiduel en fin de période est nul.

Période par période, il est possible de déterminer :

– le stock de roulement SRt, c'est-à-dire la consommation sur une période ;

– le stock résiduel ou stock restant en fin de période ;
– le stock initial S.I. ou valeur du stock en début de période ;
– le taux de service par période : TS ;
– le stock moyen par période SM.

Ces paramètres vont varier en fonction des cas rencontrés :

– 1[er] cas sans rupture d'approvisionnement sur une période : aucune rupture de stock sur une période d'approvisionnement signifie un taux de service d'une valeur de 100 %.

– 2[e] cas avec rupture : une rupture de stock sur une période d'approvisionnement signifie un taux de service d'une valeur inférieure à 100 %.

3.4.3. *Le cas sans rupture d'approvisionnement sur une période*

S'il n'y a aucune rupture sur la période, il reste en fin de période un stock positif comme le montre la figure 3.23 (voir [BEA 85]).

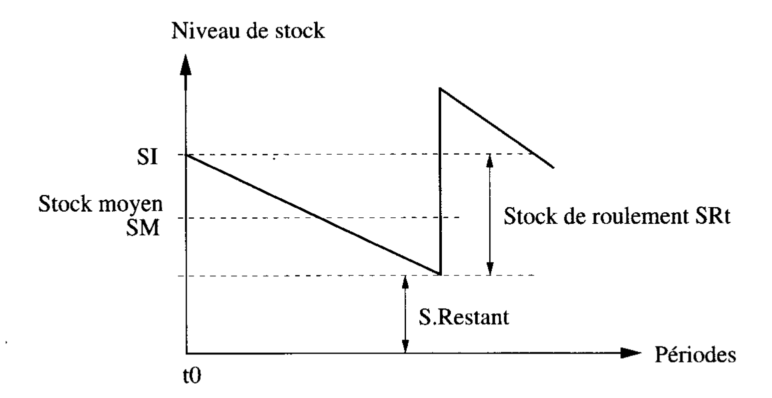


Figure 3.23. *Cas sans rupture de stock*[9]

$$SRt = SI - S\ Restant \quad [3.14]$$

9. Dans l'ouvrage de J.P. Beaulieu et A. Péguy [BEA 85], le stock restant (ou résiduel) en fin de période de révision est volontairement appelé « stock de sécurité observé». J.P. Beaulieu précise : « En gestion prévisionnelle, le stock de sécurité visé (stock théorique) correspond en moyenne à ce qui reste en stock en fin de période, lorsque les sorties se font conformément aux objectifs. Dans ce cas, les demandes (sorties) prévues correspondent à ce qui est en moyenne demandé et, par conséquent, le stock théorique résiduel est égal au stock de sécurité observé. »

$$SM = SRt/2 + S\ Restant \qquad [3.15]$$

3.4.4. *Le cas avec rupture d'approvisionnement sur une période*

Dans le cas d'un manque d'approvisionnement (figure 3.24), le solde final est nul et une période de rupture apparaît sur la période.

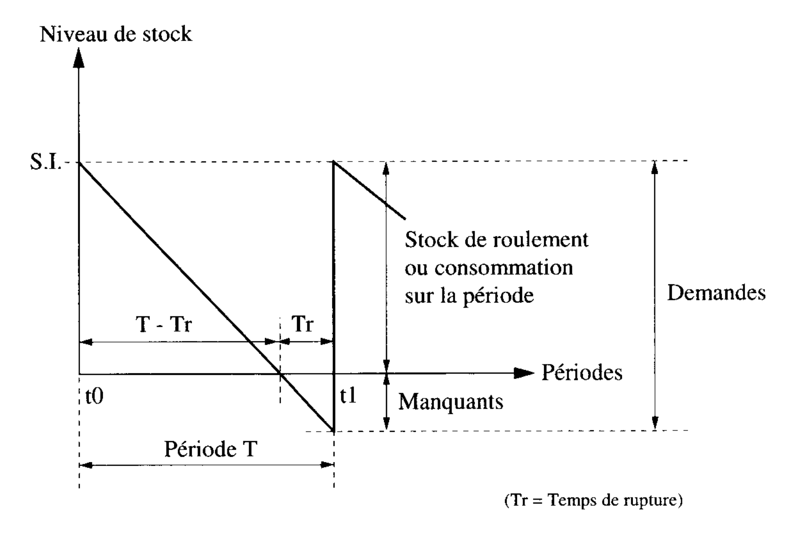


Figure 3.24. *Cas avec rupture de stock*

D'après le théorème de Thalès :

$$\frac{SRt}{T - Tr} = \frac{Demandes}{T} \qquad [3.16]$$

Figure 3.25. *Schéma explicatif*

On en déduit, sur la période donnée, que le taux de service T.S peut s'exprimer de la manière suivante :

$$TS = \frac{T - Tr}{T} = \frac{SRt}{Demandes} \qquad [3.17]$$

Plus le temps de rupture sur la période est élevé, plus le taux de service est faible.

Dans le cas où une rupture apparaît durant la période, le stock moyen est proportionnel à ce taux de service.

$$SM = \frac{SRt \times TS}{2} \qquad [3.18]$$

La formule générale est SM = SRM + S Restant., dans le cas avec rupture, le stock restant est nul, nous aurons donc : SM = SRM.

3.4.5. *Etude d'une gestion des stocks*

Considérons un article dont le prix d'achat est 3,05 €, le coût de commande 114,34 € et le coût de détention 20 % par an. Les besoins prévus pour l'année sont de 6 000 articles. Pour cet article, on constate que les demandes sont connues et cumulées en données mensuelles. On suppose que les entrées en stock ont lieu au début de chaque mois et sont immédiatement disponibles. Le tableau de données précise pour cet article, l'ensemble des besoins pour une période de 12 mois (figure 3.26). Ces besoins ont été définis par le responsable de production, le cadencement des livraisons est réalisé par un acheteur qui effectue son calcul en utilisant la formule de la quantité économique. La première livraison a lieu en début du mois 1, les quantités commandées sont constantes, les approvisionnements s'effectuent à intervalles réguliers.

Questions

– 1. Calculer la quantité économique à commander en fonction des données ainsi que le nombre de commandes annuel et les périodicités de commande.

– 2. Calculer les stocks résiduels et le taux de service par période.

– 3. Etudier graphiquement les mouvements de stock.

– 4. Analyser les résultats.

– 5. Calculer la probabilité de rupture de stock sur l'année.

		Besoins	**Entrées**	**Stock résiduel**	**Stock affecté**
Périodes	Mois	Début de mois	Début de mois	Fin de mois	
T1	1	550			
	2	600			
	3	450			
T2	4	550			
	5	600			
	6	150			
T3	7	500			
	8	550			
	9	350			
T4	10	600			
	11	500			
	12	600			
		Σ = 6 000			

Figure 3.26. *Données du problème*

Hypothèses

– 1. Nous considérerons que le stock initial de 1 500 correspond aux entrées en stock en début de mois.

– 2. Si l'on constate une rupture en fin de période, on affecte les pièces manquantes à l'ordre de fabrication correspondant de manière à régulariser ce manque dès la réception de la prochaine commande.

– 3. On considère que les entrées s'effectuent en début de mois.

– 4. Les stocks résiduels (ou restants) sont évalués en fin de période.

Solution

1. Calcul de la quantité économique à commander en fonction des données ainsi que le nombre de commandes annuel

Quantité économique :

$$q = \sqrt{\frac{2.a.S}{T.u}} = \sqrt{\frac{2 \times 114,34 \times 6\ 000}{0,2 \times 3,05}} = 1\ 500$$

Nombre de commandes à l'année : n = S/q = 6 000/1 500 = 4 commandes/an.

2. Calcul des stocks résiduels et des taux de service par période

		Besoins	**Entrées**	**Stock résiduel**	**Stock affecté**
Périodes	Mois	Début de mois	Début de mois	Fin de mois	
T1	1	550	1 500		
	2	600			
	3	450		– 100	100
T2	4	550	1 500		
	5	600			
	6	150		100	
T3	7	500	1 500		
	8	550			
	9	350		200	
T4	10	600	1 500		
	11	500			
	12	600		0	
		Somme = 6 000	Somme = 6 000		

Figure 3.27. *Tableau final*

Période T1

Une rupture de stock apparaît durant cette période. En effet, la somme des besoins est 550 + 600 + 450 = 1 600.

Durant cette période, les entrées sont de 1 500. Il apparaît donc un manque de 1 500 – 1 600 = – 100 articles en fin de première période. Le stock résiduel est donc égal à zéro à la fin du premier trimestre. Le manque de 100 pièces est affecté, c'est-à-dire réservé et sera prélevé dès la prochaine réception. Le stock de roulement a pour valeur 1 500, ce qui correspond à la consommation sur la période T1 :

- SI = 1 500 ;
- SRt = 1 500 ;
- stock restant = SI – SRt = 0 ;
- stock manquant = 1 500 – 1 600 = – 100 ;
- taux de service TS = SRt/demandes exprimées = 1 500/1 600 = 93,75 %.

On constate une rupture durant cette première période, ce qui entraîne un arrêt de fabrication durant un temps Tr.

Dès que l'approvisionnement des 1 500 pièces est réalisé[10] en début de période T2, les 100 pièces manquantes seront disponibles pour continuer à fabriquer. Néanmoins, le fait de ne pas disposer du stock suffisant a perturbé la production.

Pour les périodes suivantes, les calculs vont montrer qu'il n'y a pas de rupture, en conséquence, le taux de service est de 100 % pour chacune d'entre elles.

Période T2

Les entrées pour chaque période sont de 1500. Les besoins exprimés sur la période T2 sont de 550 + 600 + 150 = 1 300. Les stocks réservés de la période précédente sont de 100. Le total des besoins exprimés s'élève à 1 300 + 100 = 1 400, ce qui correspond au stock de roulement :

SRt = 1300 + 100 = 1 400

Le stock résiduel en fin de période T2 a pour valeur :

Stock restant = 1 500 – 1 400 = 100

10. On considère que les stocks manquants de 100 pièces sont réservés ou affectés dès réception de la commande.

Le calcul est similaire pour les périodes suivantes de l'année (le stock restant étant toujours positif en fin de période).

Période T3

Stock en début de période T3 = 1 500 + 100 = 1 600
SRt = besoins exprimés = 500 + 550 + 350 = 1 400
Stock restant ou résiduel = 1 600 – 1 400 = 200

Période T4

Stock en début de période T4 = 1 500 + 200 = 1 700
SRt = besoins exprimés = 600 + 500 + 600 = 1 700
Stock restant ou résiduel = 1 700 – 1 700 = 0

3. Etude graphique des mouvements de stock.

Les résultats obtenus précédemment sont reportés sur un graphique (figure 3.28) qui met en évidence la rupture en fin de première période.

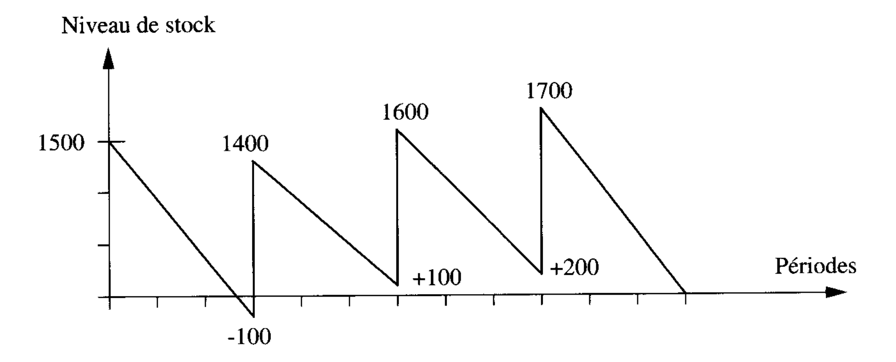


Figure 3.28. *Mouvements de stock*

4. Analyse des résultats

Pour la première période, le taux de service est de 93,75 %. Pour les autres périodes, aucune rupture n'apparaît, le taux de service est donc de 100 % sur ces périodes.

5. Calcul de la probabilité de rupture de stock PRS

Sur quatre périodes, nous avons eu une rupture, la probabilité de rupture de stock a pour valeur PRS = 1 rupture/4 périodes = 25 %.

3.5. Conclusion

Ce chapitre est consacré principalement à la quantité économique de commande déterminée à partir de la formule de Wilson qui correspond à une règle de base à connaître en matière de gestion des stocks. Cette quantité économique permet d'optimiser les coûts de détention et les coûts de passation d'une commande. Dans la pratique, si l'on commande en quantité économique, on essaie de se situer dans le « ventre » de la courbe résultante, là où les coûts sont optimisés. Néanmoins cette formule doit être remise en cause dans certains cas, notamment lorsque l'on gère des produits périssables ou lorsque le fournisseur accorde des prix plus intéressants en fonction des quantités achetées.

Un autre élément est abordé dans ce chapitre, le calcul du taux de service, ratio très utilisé dans les entreprises pour mesurer la performance du respect des délais d'approvisionnement. Le taux de service permet de mesurer la performance du fournisseur, il correspond au rapport du nombre de commandes reçues sur le nombre de commandes prévues ou au rapport des quantités livrées sur les quantités commandées. Ce ratio doit être le plus proche de 100 %, certaines entreprises fixent un objectif de 98 %.

Chapitre 4

Les classes homogènes de gestion

4.1. Analyse des classes homogènes de gestion ou CHG

De nombreuses entreprises appliquent la classification ABC pour gérer leurs stocks. La gestion peut être optimisée si l'on utilise les classes homogènes de gestion ou CHG.

Les articles en stock peuvent être classés en CHG en fonction des critères suivants :

– les classes ABC en fonction de la valeur de consommation annuelle ou chiffre d'affaires fournisseur ;

– le délai d'approvisionnement ;

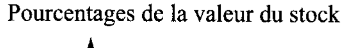
– la fréquence de mouvements des stocks par année ;

– l'indice de stabilité des articles ou coefficient de variation.

4.1.1. *Répartition des articles en fonction du chiffre d'affaires fournisseur*

Les articles en stock font l'objet d'une classification en fonction de leurs valeurs, ils sont classés en différentes catégories A, B ou C selon la loi de Pareto ou loi des 20 %-80 %.

Le graphique (figure 4.1) illustre la loi des 20 %-80 % appliquée à la gestion des stocks. En abscisse, on trouve les différentes catégories d'articles présents dans le stock de l'entreprise, en ordonnée, les valeurs ou pourcentages de la valeur globale du stock.



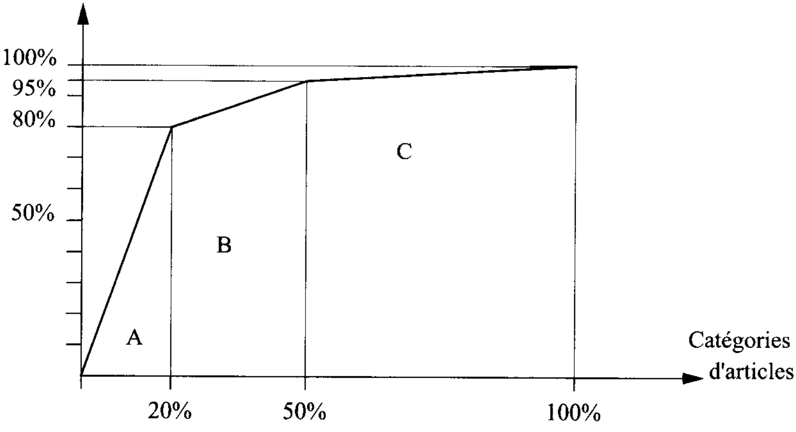


Figure 4.1. *Loi ABC appliquée aux stocks*

Supposons une entreprise x faisant l'objet d'une classification de ses différents articles en stock selon la règle ABC. L'analyse nous permet de déterminer le nombre d'articles des différentes classes A, B, C.

Le tableau suivant donne des valeurs de pourcentages dans chaque catégorie. Sur la figure 4.2, les pourcentages ont été fixés arbitrairement et sont donnés à titre indicatif. Néanmoins, la loi des 20-80 est une réalité et se vérifie dans de nombreux domaines de la gestion (stock, maintenance, qualité, etc.).

Classe	Correspondance
A	20 % des stocks représentent 80 % de la valeur du stock
B	30 % des stocks représentent 15 % de la valeur du stock
C	50 % des stocks représentent 5 % de la valeur du stock

Figure 4.2. *Classes ABC et pourcentages par classe*

Les articles de classe A représentent en principe[1] une valeur élevée, 20 % de la valeur totale du stock, ce qui signifie que la gestion des articles doit être très pointue de manière à éviter une immobilisation financière importante[2].

Supposons un magasin avec 50 articles différents, 20 % des articles, c'est-à-dire 10 articles, s'inscrivent dans la classe A et représentent 80 % de la valeur totale du stock. Dans la classe B dite intermédiaire, on a 15 articles, soit 30 % de la valeur du stock. Quant à la classe C, il s'agit des articles non stratégiques, au nombre de 25, qui représentent la plus faible valeur du stock, c'est-à-dire 5 %.

Le classement ABC s'effectue en général sur deux critères :

– les valeurs des sorties annuelles en stock, en calculant les pourcentages pour chaque article (produit de la valeur de l'article par le nombre de sorties) et en réalisant le diagramme de Pareto ;

– les valeurs en stock (produit de la valeur de l'article par la quantité en stock).

La comparaison des deux classements doit donner des résultats pratiquement identiques. Si l'on trouve des articles classés en A dans le premier classement et ce même article classé en B ou C dans le deuxième classement, on peut penser qu'une anomalie apparaît au niveau de la gestion des stocks. En effet, supposons que la première méthode montre qu'un article référencé ART001 soit classé en A, et que la seconde méthode montre que ce même article se trouve classé en C. Cela peut signifier que cet article ART001 dont le coût est normalement élevé puisqu'il est *a priori* de classe A, risque de se trouver en rupture de stock vu qu'il apparaît en classe C dans la deuxième analyse [COU 00].

4.1.2. *Choix d'un système de gestion des stocks*

Il est important de faire une synthèse des différentes méthodes de gestion des stocks appliquées à chaque classe A, B, C et des critères qui permettent de définir le choix de telle ou telle méthode.

---

1. Un article stratégique ne correspond pas forcément à une valeur élevée. Ainsi, un article d'un montant d'un euro dont le délai d'approvisionnement est de deux mois chez un fournisseur unique peut correspondre à la classe A. En cas de rupture, un tel article risque d'arrêter la chaîne de production, la gestion de cet article doit faire l'objet d'un suivi très précis.

2. Notons également que certaines entreprises gèrent leur stock avec 4 classes A, B, C, D. Dans un tel cas, la classe A correspond à une classe dite superstratégique et la classe B à une classe stratégique. La répartition peut être la suivante : 5 % pour A, 15 % pour B, 30 % pour C et 50 % pour D.

Une entreprise organisera ses stocks en trois classes. Ci-dessous, un exemple de classification ABC est présenté avec les méthodes de gestion correspondantes. Cet exemple est donné à titre indicatif pour montrer les relations entre les méthodes de gestion de stocks et les différentes classes.

4.1.2.1. *Exemple de classification ABC et méthodes de gestion correspondantes*[3]

4.1.2.1.1. Classe A : gestion des articles importants, dont la valeur est généralement élevée, qui ne doivent pas faire l'objet de ruptures

Pour la classe A, plusieurs méthodes peuvent être utilisées. S'agissant d'une classe stratégique, cette classe ne doit en principe pas faire l'objet de rupture sous peine d'entraîner des risques importants pour l'entreprise (risque d'arrêt de production et risque financier).

Méthode à point de commande :

– demandes à forte variabilité ;

– nécessité de disposer de stock chez le fournisseur ;

– réaction rapide aux variations de la demande ;

– minimisation du stock de sécurité dans le système à point de commande, contrairement au système à recomplètement périodique.

Méthode à point de commande périodique pour les périodicités de révision faibles[4] :

– quantité fixée ;

– périodicité fixée et courte (exemple : gestion d'un article onéreux avec solution rapide de réapprovisionnement n'entraînant pas d'arrêt de production s'il y a rupture).

Méthode de calcul des besoins (MRP) :

– calcul des besoins en matières premières et composants pour des produits finis ;

– quantités variables ;

– prise en compte d'un stock de sécurité ;

---

3. Cet exemple de répartition n'est donné qu'à titre indicatif.

4. Le niveau de stock doit se situer en dessous du seuil, les commandes sont passées à dates fixes. Le niveau de stock est contrôlé régulièrement, la commande est déclenchée si le seuil est atteint.

4.1.2.1.2. Classe B : gestion des articles intermédiaires

Méthode à recomplètement périodique simple ou avec seuil :

- périodicité fixée et quantité variable ;
- intervalle de révision de 1 à 3 mois ;
- demandes stables et délais faiblement variables ;
- quantité minimum pour une commande ;
- simplicité de gestion.

4.1.2.1.3. Classe C : gestion des articles de faibles valeurs qui correspondent à des coûts de détention peu élevés

Méthode à recomplètement périodique simple ou avec seuil : gestion similaire aux articles de classe B mais intervalle de révision plus élevé (exemple : 3 à 6 mois). Avantage : le système périodique donne la possibilité de regrouper des commandes chez le même fournisseur, ce qui entraîne une réduction des coûts administratifs et de transport.

Méthode des doubles casiers : principe simplifié de la boucle *kanban* à deux bacs.

4.1.3. *Relation entre catégories ABC et délais d'obtention*

4.1.3.1. *Articles de classe A*

Les articles de classe A correspondent aux articles stratégiques. Ils représentent une part importante de la valeur du stock et doivent faire l'objet d'une gestion très fine pour éviter un coût de stock trop élevé.

Pour des délais d'approvisionnement courts, on peut utiliser la méthode à point de commande qui permet de réagir rapidement aux variations de la demande. Le point ou seuil de commande peut être calculé ou réajusté suivant différentes méthodes : empirique, à moyenne mobile, à lissage exponentiel.

Pour les délais longs, le stock de sécurité est calculé au plus juste de manière à ne pas se trouver en rupture de stock.

En ce qui concerne les matières premières et les composants qui entrent dans la fabrication de produits complexes, on adoptera la méthode de gestion par calcul des besoins (MRP).

4.1.3.2. *Articles de catégorie B*

Les articles de classe B représentent la classe intermédiaire. Par rapport à la classe A, les pièces de cette tranche sont moins critiques et de moindre valeur.

On peut parfois prendre le risque calculé d'une rupture de stock dont la seule conséquence sera un changement temporaire de programme de fabrication, la répercussion économique sera faible. Les articles classés B peuvent être gérés par des systèmes à recomplètement périodique avec une période allant de 1 à 3 mois.

Pour les pièces à courts délais, le réapprovisionnement peut s'effectuer à intervalles constants (recomplètement périodique), le dépannage pouvant être rapide.

Pour les pièces à délais plus longs, on peut retenir la méthode à point de commande, ce dernier pouvant être réévalué régulièrement (exemple : tous les ans).

4.1.3.3. *Articles de catégorie C*

Les articles de classe C sont très nombreux pour un coût de détention faible. Pour les délais courts, on peut utiliser les systèmes à recomplètement périodique, ainsi, dans le cas de la visserie, on appliquera une sorte de recomplètement au volume, la gestion étant assurée par le magasinier. On peut également raisonner en regroupant des commandes chez le même fournisseur ou adopter une gestion simplifiée de type doubles casiers, un casier vide étant le signal de déclenchement d'un réapprovisionnement.

Pour les délais longs, c'est également la méthode à point de commande qui peut être privilégiée.

4.1.3.4. *Tableau de synthèse*[5]

Une synthèse des différents types de gestion possibles en fonction des classes ABC et de la longueur du délai est présentée sur la figure 4.3.

Dans le cas d'articles classés A onéreux, fréquemment commandés et à délai court, il est préférable de s'approvisionner plus fréquemment de manière à limiter les quantités commandées, donc les coûts de stockage.

Il faut signaler également que l'expérience du gestionnaire des stocks est primordiale. La connaissance de la vie d'un stock est un critère fondamental qui vient s'ajouter aux différentes méthodes de gestion existantes. Si l'informatique

---

5. Ce tableau n'est donné qu'à titre indicatif et ne signifie en aucun cas qu'il y a une correspondance obligatoire entre telle méthode de gestion et telle classe de stock.

permet de gérer les stocks à partir de méthodes mathématiques et statistiques, l'expérience du gestionnaire est également un élément à prendre en compte pour optimiser la gestion des stocks.

Catégorie	Délai	Type de gestion
A	Délai court	Point de commande Calcul des besoins nets
	Délai long	Prévoir un stock de sécurité précis en fonction du délai long
B	Délai court	Recomplètement périodique
	Délai long	Point de commande
C	Délai court	Recomplètement périodique Doubles casiers Groupage des commandes chez un même fournisseur
	Délai long	Point de commande

Figure 4.3. *Exemple de classification ABC en fonction des délais d'obtention*

4.1.4. *Analyse des classes de stabilité et des fréquences de sortie*

Les classes de stabilité s'établissent en fonction des coefficients de variation CV (CV = aléa/prévision moyenne). Notons que plus le CV est élevé, plus l'article est instable, donc, plus le stock de sécurité doit être élevé (pour un niveau de service donné). Beaulieu et Péguy définissent les classes de stabilité en fonction du CV [BEA 88] :

- classe très stable : ensemble des articles dont le CV est inférieur à 15 % ;
- classe stable normale : ensemble des articles dont le CV est inférieur à 30 % ;
- classe instable : ensemble des articles dont le CV est inférieur à 50 % ;
- classe très instable : ensemble des articles dont le CV est supérieur à 50 %.

Pour un article x dont la consommation moyenne est de 300 et l'écart-type de 100, le coefficient de variation aura pour valeur 0,33. Pour un article Y dont la consommation moyenne est identique mais l'écart-type égal à 5, le CV sera 0,017.

L'analyse des fréquences de sorties est également un élément à prendre en considération pour gérer les stocks. Pour chaque type de classe, les fréquences peuvent être stables ou instables. Dans le cas d'articles dont les valeurs de consommations sont très stables et les fréquences élevées, le calcul du stock de

sécurité est facilité. Les articles dont les sorties sont très instables et la fréquence faible demandent une plus grande attention pour la détermination du stock de sécurité.

4.1.5. *Etablissement des classes homogènes de gestion à partir de la signature statistique*

Le principe repose sur la segmentation des articles en classes homogènes de gestion. Une CHG regroupe l'ensemble des articles méritant la même gestion, c'est-à-dire la même périodicité de commande et la même stratégie de service.

Plusieurs données permettent de qualifier un article :

– les données générales à l'entreprise (coût de commande, coût de détention, coût de rupture ou pénurie) ;

– les données relatives à l'article (CA, fréquence, stabilité, délai).

Le fait de regrouper ces données par groupe nous amène à la notion de signature statistique [PLA 00]. A coûts financiers comparables, les articles ayant la même signature statistique méritent la même stratégie de gestion :

– les articles de même classe de CA doivent avoir la même politique d'approvisionnement ;

– pour les articles de même classe de fréquence, plus la fréquence de sortie est élevée, plus le stock de sécurité est faible ;

– pour les classes de délai, la valeur du stock de sécurité est fonction de la valeur du délai d'approvisionnement et de l'écart-type des consommations, un délai important signifie que le stock de sécurité est en principe élevé ;

– pour les articles à forte stabilité, le stock de sécurité est minimum.

La signature statistique est une composante des quatre facteurs CA fournisseur, fréquence de sortie, stabilité de l'article et délai. Il s'agit d'un nombre de quatre chiffres sans unité, à chaque facteur est attribuée une note qui va de 1 à 9 comme le montre la figure 4.4.

Soit un article dont le chiffre d'affaires s'élève à 1 M, la fréquence de sortie 75 fois par an, très stable, dont le délai fournisseur est de 2 mois. La signature statistique de cet article correspond à un nombre de 4 chiffres : 4 215 (repères en gras sur le tableau). Chaque article peut ainsi être codifié par rapport à cette signature.

L'objectif est donc d'associer à une signature statistique, une politique d'approvisionnement et une stratégie de service. La CHG constitue un regroupement logique d'articles ayant la même stratégie.

	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
CA	1 000 M	100 M	10 M	1 M	100 K	...	...	...	1 K
Fréquence	100	**75**	66	50	33	...	...	...	1
Stabilité (%)	**10**	20	30	40	50	...	...	...	90
Délai	1 JR	1 S	**2 S**	1 M	2 M	...	...	...	1 AN
SS	Faible								Fort

Figure 4.4. *Signature statistique*

Des logiciels permettent de gérer les stocks à partir de la signature statistique des articles. Comme le montre la figure 4.5, des catalogues de gestion peuvent ainsi être créés, ce qui assure la possibilité d'un réel et concret pilotage des stocks, avec propositions d'objectifs, détermination des visés, mesure des réalisés, corrections proposées. L'ensemble a permis à de nombreuses entreprises de réduire considérablement leurs stocks, tout en améliorant hautement leur qualité de service.

Nombre de commandes par an	**Périodicité des comman-des en jours**	**Taux de service (%)**								
		99,9	99,5	99	97	95	92	90	80	50
260	1	11	12	13	14	15	16	17	18	19
102	3	21	22	23	24	25	26	27	28	29
52	8	31	32	33	34	35	36	37	38	39
26	15	41	42	43	44	45	46	47	48	49
12	30	51	52	53	54	55	56	57	58	59
6	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69
4	90	71	72	73	74	75	76	77	78	79
4	90	81	82	83	84	85	86	87	88	89
3	120	91	92	93	94	95	96	97	98	99

Figure 4.5. *Exemple de catalogue des CHG généré par un logiciel*

4.2. Exemples

4.2.1. *Exemple 1 : analyse de Pareto (simplifiée)*

Dans une entreprise, nous avons 10 sortes d'articles en stock, les valeurs stockées ont été valorisées en unités monétaires. Pour chaque type d'articles, il s'agit de la valeur des sorties annuelles des stocks.

Articles	Valeurs
K	7 000
L	30 000
M	6 000
N	400
O	2 000
P	50 000
Q	3 000
R	1 500
S	60
T	40

Figure 4.6. *Données du problème*

1. Effectuer les calculs permettant de tracer le diagramme de Pareto.

2. Tracer le diagramme en valeurs décroissantes et en valeurs cumulées.

3. Analyser les résultats et classer les articles en catégories A, B, C.

Solution

1. Détail des calculs

Le tableau suivant présente le détail des calculs du tracé de la courbe de Pareto correspondant au stock de l'entreprise.

Articles	Valeurs	Rang	Classement	Valeurs	% Valeur	Valeurs cumulées	% Cumulé
K	7 000	3	P	50 000	50 %	50 000	50 %
L	30 000	2	L	30 000	30 %	80 000	80 %
M	6 000	4	K	7 000	7 %	87 000	87 %
N	400	8	M	6 000	6 %	93 000	93 %
O	2 000	6	Q	3 000	3 %	96 000	96 %
P	50 000	1	O	2 000	2 %	98 000	98 %
Q	3 000	5	R	1 500	1,50 %	99 500	99,50 %
R	1 500	7	N	400	0,40 %	99 900	99,90 %
S	60	9	S	60	0,06 %	99 960	99,96 %
T	40	10	T	40	0,04 %	100 000	100 %

Figure 4.7. *Détails des calculs du diagramme de Pareto de l'exemple 1*

2. Tracé des diagrammes en valeurs décroissantes et cumulées

Le classement des articles peut être présenté de deux manières différentes, soit en valeurs décroissantes, soit en valeurs cumulées. Diagramme en valeurs décroissantes : la représentation en valeurs décroissantes (figure 4.8) met en évidence la ou les catégories d'articles les plus importants. Dans l'exemple, il s'agit des articles P et L, qui sont respectivement valorisés à 50 000 et à 30 000 unités monétaires.

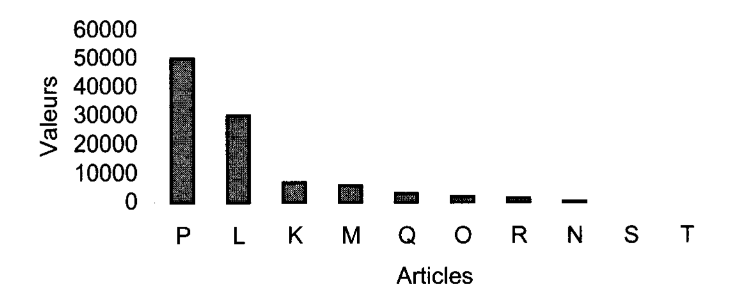


Figure 4.8. *Diagramme de Pareto de l'exemple 1 en valeurs décroissantes*

Diagramme de Pareto en valeurs cumulées : le diagramme de Pareto en valeurs cumulées (figure 4.9) permet de mieux visualiser le pourcentage représenté par les articles P et L. On voit que P et L réunis représentent 80 % de la valeur totale du stock, alors que les autres articles ne représentent que 20 % de la valeur totale de ce stock.

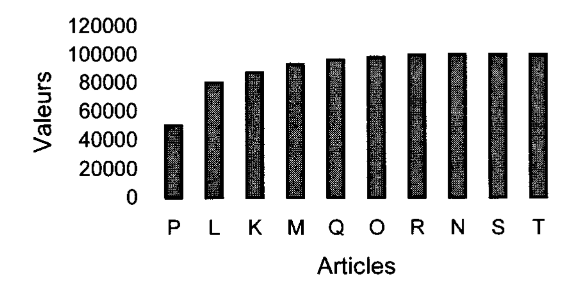


Figure 4.9. *Diagramme de Pareto de l'exemple 1 en valeurs cumulées*

3. Analyse des résultats et classification des articles

Les articles P et L sont classés en catégorie A, la moindre augmentation de stock au niveau de ces deux articles a pour conséquence une élévation des valeurs immobilisées.

Les articles P et L doivent être surveillés de très près, les articles K, M, Q, O, R sont classés en catégorie B et les articles N, S, T en catégorie C (voir figure 4.10).

Classement	Valeurs	% Valeur	Classes
P	50 000	50 %	A
L	30 000	30 %	A
K	7 000	7 %	B
M	6 000	6 %	B
Q	3 000	3 %	B
O	2 000	2 %	B
R	1 500	1,50 %	B
N	400	0,40 %	C
S	60	0,06 %	C
T	40	0,04 %	C

Figure 4.10. *Classification ABC des articles*

REMARQUE.– Les diagrammes de Pareto sont utilisés dans beaucoup d'entreprises, le diagramme en valeurs décroissantes est très utilisé dans les ateliers pour représenter les indices de qualité ou de productivité, il met en évidence les défauts sur lesquels il faut agir en priorité. Les deux exemples suivants adoptent les mêmes principes de raisonnement.

4.2.2. *Exemple 2 : deuxième analyse de Pareto*

Soit la consommation et le coût unitaire de 10 types d'articles représentés dans le tableau ci-dessous (figure 4.11).

Articles	**Consommations**	**Coûts unitaires**
Q	1 500	120
R	15 000	50
S	800	10
T	6 000	40
U	20 000	70
V	1 000	30
W	10 000	50
X	500	10
Y	3 000	45
Z	2 500	40

Figure 4.11. *Données du problème*

1. Calculer les pourcentages par article en fonction de ces données.

2. Tracer la courbe de Pareto en valeurs décroissantes.

3. Tracer la courbe en pourcentages cumulés.

Solution

1. Calcul des pourcentages par article

Articles	Consommations × coût × 1 000	Cumul	% cumulés
U	1 400	1 400	41,81 %
R	750	2 150	64,21 %
W	500	2 650	79,15 %
T	240	2 890	86,32 %
Q	180	3 070	91,69 %
Y	135	3 205	95,72 %
Z	100	3 305	98,71 %
V	30	3 335	99,61 %
S	8	3 343	99,88 %
X	5	3 348	100 %

Figure 4.12. *Détails des calculs de l'exemple 2*

2. Diagramme de Pareto en valeurs décroissantes

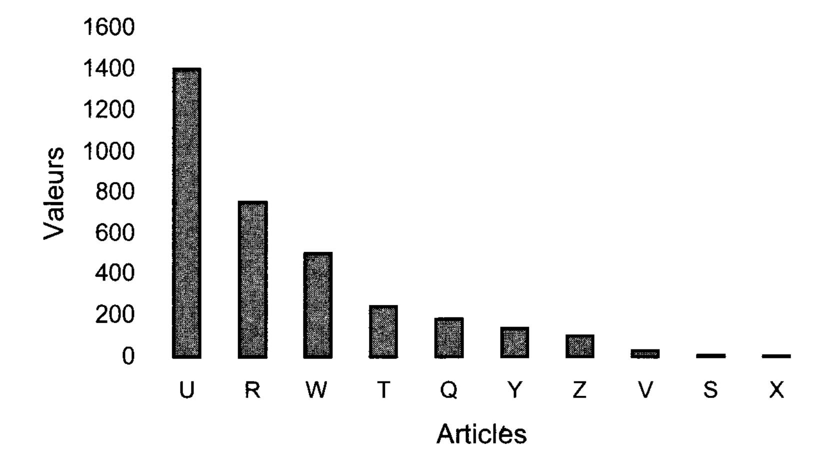


Figure 4.13. *Diagramme de Pareto de l'exemple 2 en valeurs décroissantes*


3. Tracé de la courbe de Pareto en pourcentages cumulés

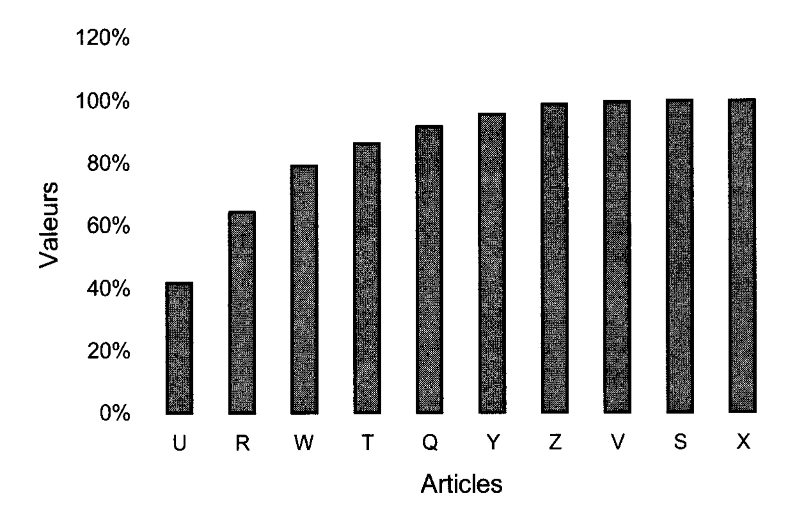


Figure 4.14. *Diagramme de Pareto de l'exemple 2 en pourcentages cumulés*

Conclusion : l'analyse montre que les articles U, R et W arrivent en tête, ces trois articles se positionnent dans la catégorie A et représentent 79,15 % de la valeur du stock, ces articles doivent faire l'objet d'une gestion précise.

4.2.3. *Exemple 3 : classification ABC des stocks et fréquence des inventaires*

Un stock est constitué des articles suivants (voir tableau 4.15).

Questions :

1. en fonction des observations indiquées dans le tableau, vous devez déterminer les classes A ou B ou C des différents articles ;

2. tracer ensuite la courbe de Pareto des articles et expliquer la courbe ;

3. actuellement, un inventaire annuel est réalisé. Vu les écarts importants constatés en fin d'année, on décide de planifier des inventaires en fonction des classes ABC. Comment procédez-vous ?

Catégories d'article	**Observations**	**Valeurs en stock**	**Classes**
M	Un manque entraîne un arrêt de production 50 000 € la minute	12 000	
N	Un manque entraîne un arrêt de chaîne et des pénalités de retard	8 000	
O	Disponible chez Bricoplus situé à 2 km	100	
P	En cas de manque, sous-ensembles réalisable par un sous-traitant en 4 heures	4 000	
Q	En cas de manque, disponible avec délai fournisseur de 1 journée	3 000	
R	Disponible chez Bricoplus situé à 2 km	500	
S	Disponible rapidement	200	
T	Article de consommation courante	250	
U	Prévoir stock de 5 jours en permanence	10 000	
V	Sous-ensemble disponible en interne en lançant un OF de fabrication, délai 1 jour, classe intermédiaire	1 500	
W	Consommation courante, article disponible dans l'heure	120	
X	Matière première disponible le lendemain en passant la commande la veille, classe intermédiaire	2 600	

Figure 4.15. *Catégories d'articles en stock*

Solution

1. Détermination des classes ABC

Catégories d'article	Observations	Valeurs en stock	Classes
M	Un manque entraîne un arrêt de production 50 000 € la minute	12 000	A
U	Prévoir stock de 5 jours en permanence	10 000	A
N	Un manque entraîne un arrêt de chaîne et des pénalités de retard	8 000	A
P	Article important, en cas de manque, sous-ensemble réalisable par un sous-traitant en 2 jours	4 000	A
Q	En cas de manque, disponible avec délai fournisseur de 1 journée	3 000	B
X	Matière première disponible le lendemain en passant la commande la veille, classe intermédiaire	2 600	B
V	Sous-ensemble disponible en interne en lançant un OF de fabrication, délai 1 jour, classe intermédiaire	1 500	B
R	Disponible chez Bricoplus situé à 2 km	500	C
T	Article de consommation courante	250	C
S	Disponible rapidement	200	C
W	Consommation courante, article disponible dans l'heure	120	C
O	Disponible chez Bricoplus situé à 2 km	100	C

Figure 4.16. *Répartition des classes ABC*

2. Calculs relatifs au diagramme de Pareto et tracé de la courbe

Catégories d'article	Valeur unitaire	Valeur cumulée	% cumulé	Classe
M	12 000	12 000	28,38 %	A
U	10 000	22 000	52,04 %	A
N	8 000	30 000	70,90 %	A
P	4 000	34 000	80,43 %	A
Q	3 000	37 000	87,53 %	B
X	2 600	39 600	93,68 %	B
V	1 500	41 100	96,99 %	B
R	500	41 600	98,41 %	C
T	250	41 850	99,00 %	C
S	200	42 050	99,47 %	C
W	120	42 170	99,76 %	C
O	100	42 270	100 %	C

Figure 4.17. *Calcul des valeurs cumulées*

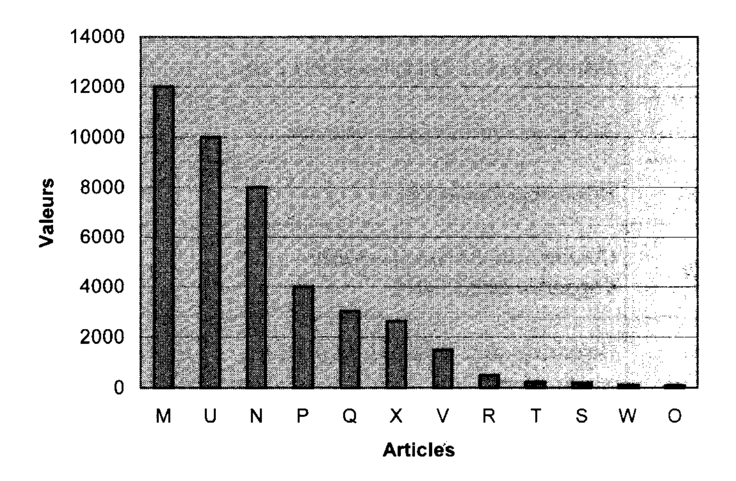


Figure 4.18. *Classement en valeurs décroissantes*

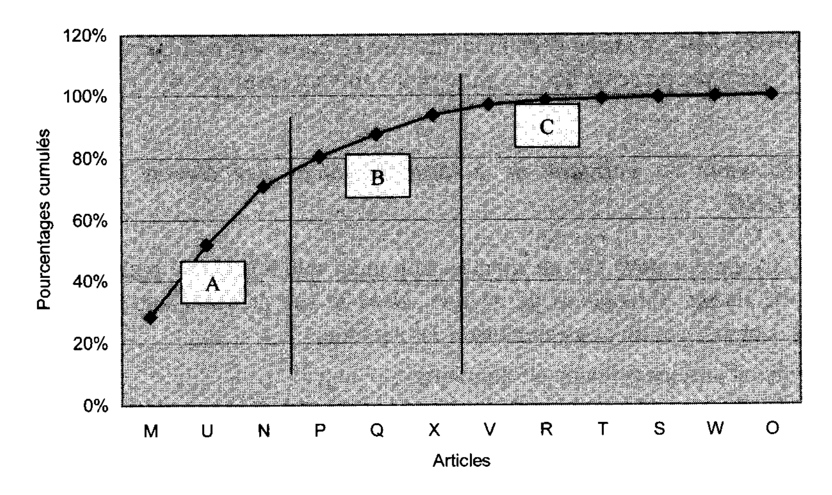


Figure 4.19. *Classement Pareto en valeurs cumulées*

Actuellement, un inventaire annuel est réalisé. Vu les écarts importants constatés en fin d'année, on décide de planifier des inventaires en fonction des classes ABC. Comment procédez-vous ? On peut procéder de la manière suivante :

– sachant que la classe A correspond aux articles stratégiques, que le risque de rupture doit absolument être évité, on planifie un inventaire mensuel pour cette classe ;

– pour la classe intermédiaire, les risques sont moindres, un inventaire trimestriel peut être suffisant ;

– quant à la classe C, il s'agit des articles les moins chers, en principe facilement réapprovisionnés en cas de rupture, l'inventaire pour cette classe sera semestriel.

Le tableau suivant[6] fait la synthèse de la fréquence des inventaires en fonction des classes ABC.

Classe	Fréquence des inventaires
A	Mois
B	Trimestre
C	Semestre

De nombreuses entreprises utilisent le classement ABC. D'autres vont plus loin en utilisant les classes homogènes de gestion CHG. Les articles sont classés non

6. Les fréquences sont données à titre indicatif, elles peuvent varier et sont à adapter en fonction des situations et des activités.

seulement en ABC, mais également en prenant en compte d'autres critères comme le montre l'exemple présenté dans le paragraphe suivant (exemple 4).

4.2.4. *Exemple 4 : politique de gestion de stocks par classes homogènes de gestion CHG*

Cet exemple a pour but de montrer comment une entreprise peut organiser ses stocks en classes homogènes de gestion. Dans le cas présenté, onze CHG ont été établies. Les critères de classement sont les suivants :

- types d'articles (vivants ou dormants) ;
- taux de rotation des stocks ;
- valeur des articles en stock ;
- prix unitaire.

Un tel classement permet de mieux gérer ses stocks. L'un des critères choisis est le taux de rotation, il s'agit d'un indicateur très pertinent surtout lorsqu'il est associé à la loi de Pareto. Les méthodes de réapprovisionnement sont issues des valeurs des deux critères taux de rotation et répartition selon la loi des 20 % 80 %,

Types d'articles	Taux de rotation	Pourcentages de la valeur consommée	CHG	Types de gestion	Méthodes appliquées
Articles vivants	Forte rotation ≥ 6 mouvements par an	Forte valeur : 80 % de la valeur consommée	CHG1	Prévision automatique sur un horizon de 12 mois glissant tous les mois Prévisions validées manuellement par les gestionnaires avant transmission aux fournisseurs Réapprovisionnement par couverture mensuelle SS = un mois de consommation	Appel de livraison selon cycle contractuel négocié
		Faible valeur : 20 % de la valeur consommée	CHG2	Prévision automatique sur un horizon de 12 mois glissant tous les mois Prévisions transmises automatiquement par EDI aux fournisseurs Réapprovisionnement par couverture trimestrielle ou semestrielle SS = trois mois de consommation	

Figure 4.20. *Classement des stocks en CHG pour les articles à forte rotation (≥ 6 mouvements par an)*

Types d'articles	Taux de rotation	Pourcentages de la valeur consommée	CHG	Types de gestion	Méthodes appliquées
Articles vivants	Faible rotation < 6 mouvements par an	Forte valeur : 80 % de la valeur consommée Article dont le prix unitaire est supérieur à 150 €	CHG3	Articles gérés à la commande	SS = 0
			CHG4	3 à 5 mouvements par an	Point de commande recalculé par traitement automatique tous les 3 mois SS = 1 mois
			CHG5	Moins de 2 mouvements par an	Articles réapprovisionnés en fonction du besoin réel (quantité exacte + SS) SS = 1 mois
		Faible valeur : 20 % de la valeur consommée Article dont le prix unitaire est inférieur ou égal à 150 €	CHG6	Moins de 2 mouvements par an	Articles réapprovisionnés en fonction du besoin réel (quantité exacte + SS) SS = Consommation sur un an/2
			CHG7	3 à 5 mouvements par an	Point de commande recalculé par traitement automatique tous les 3 mois SS = 1 mois
Articles dormants	Aucun mouvement durant les 12 derniers mois		CHG8	Articles avec stocks	
			CHG9	Stock stratégique	
			CHG10	Articles à ne plus réapprovisionner	
			CHG11	Articles sans stock	

Figure 4.21. *Classement des stocks en CHG pour les articles à faible rotation (< 6 mouvements par an)*

4.3. Conclusion

Il est important pour une entreprise de gérer ses stocks en appliquant la méthode ABC. Les articles stratégiques sont identifiés par la classe A, on applique à cette classe des méthodes de gestion évitant de générer des ruptures de stock. Pour cette classe A, toute rupture peut être catastrophique : arrêt de production, chômage technique, retard de livraison, etc. Les deux autres classes B et C permettent d'identifier les articles moins stratégiques. Ainsi la classe B correspond à la classe intermédiaire et la classe C aux articles de faibles coûts n'ayant pas, en cas de rupture, des conséquences analogues à celles de la classe A.

De nombreuses GPAO ou logiciels de gestion permettent de classer les stocks en A, B, C. Ce classement ABC présente l'avantage de mieux organiser les inventaires. Ainsi, des inventaires plus fréquents peuvent être planifiés pour la classe A (par exemple tous les mois), alors que les classes B et C feront l'objet d'inventaires de fréquence moindre (par exemple tous les trois mois pour la classe B et tous les six mois pour la classe C).

Notons que l'utilisation d'un classement en classes homogènes de gestion CHG est un plus qui peut permettre d'optimiser la gestion des stocks. Les critères pris en compte pour définir les CHG seront par exemple les classes ABC, le délai d'approvisionnement, la fréquence de mouvements des stocks et l'indice de stabilité des articles.

Chapitre 5

Les méthodes d'approvisionnement

Il existe plusieurs méthodes de réapprovisionnement, nous présenterons les méthodes suivantes fréquemment utilisées :

– la méthode avec niveau de recomplètement : on constate un niveau de stock à un instant donné, on déclenche une commande qui correspond à la différence entre le niveau de recomplètement et ce niveau de stock.

– la méthode à point de commande : une commande est déclenchée dès que l'on atteint une valeur limite ;

– la méthode de calcul des besoins MRP (*manufacturing resource planning*), le réapprovisionnement s'effectue à partir du calcul des besoins nets ;

– la méthode DRP (*distribution requirements planning*) pour faire la liaison entre la distribution physique et la planification de production.

Chacune des méthodes citées précédemment va être présentée dans les sections suivantes.

5.1. La méthode à recomplètement périodique ou méthode de remise à niveau : combien commander à des dates fixes ?

Cette méthode est également appelée méthode de réapprovisionnement à périodicité fixe et quantité variable ou méthode calendaire. La position en stock est examinée à des dates régulières, l'espace de temps entre deux dates est appelé période de révision, c'est pour cette raison que la méthode est également nommée méthode de révision périodique. Son principe de fonctionnement est simple, les articles gérés sont de faibles valeurs, en effet, un niveau de recomplètement important ne doit pas générer des coûts de détention trop élevés.

Principe général de la méthode à recomplètement

La figure 5.1 illustre le fonctionnement de la méthode. Les commandes sont passées à des dates déterminées à l'avance et appelées dates de révision, les approvisionnements s'effectuent une fois les commandes réalisées et après un délai D de livraison. La quantité commandée en fin de période est égale à la différence entre le niveau de recomplètement NdR et la consommation sur la période.

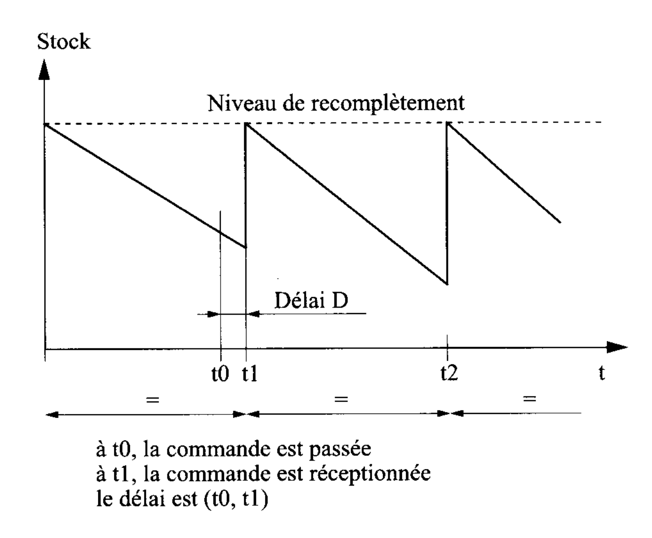


Figure 5.1. *Principe de la méthode à recomplètement*

A t0, la commande est passée, à t1, la commande est réceptionnée.

Le niveau de recomplètement NdR peut être déterminé à partir des données suivantes :

– T = période de révision ;

– D = délai de réapprovisionnement en fonction de T = a.T (Dans cette formule, a représente un coefficient multiplicatif, D est exprimé en fonction de la valeur de la période de révision. Un délai égal à la moitié de la période de révision signifie que a = 0,5) ;

– A = prévision moyenne de consommation pendant la période de révision ;

– SS = stock de sécurité.

Si Q représente la consommation moyenne par unité de temps, on obtient :

$$NdR = Q\,(D + T) = Q\,(a.T + T) = Q.T\,(1 + a)$$

Q.T représente la consommation pendant la période de révision, c'est-à-dire A. D'où :

$$NdR = A\,(1 + a) + SS \qquad [5.1]$$

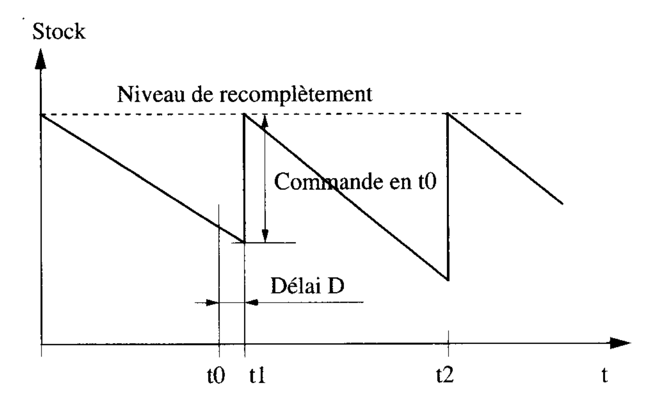
Le niveau de réapprovisionnement peut également s'exprimer par la formule suivante :

> NdR = consommation moyenne pendant la période de révision + consommation moyenne pendant le délai d'obtention + stock de sécurité

5.1.1. *L'importance de la longueur du délai dans la méthode à recomplètement périodique*

Le principe est le suivant : régulièrement, on commande la quantité consommée pendant la période précédente pour remettre le stock à une valeur constante. Si le délai d'approvisionnement est court, il s'agit d'un simple recomplètement qui ne nécessite pas obligatoirement de prendre en compte la demande moyenne pendant le délai d'obtention.

Dans le cas contraire, il faudra tenir compte de la consommation durant le délai d'approvisionnement. Les figures 5.2 et 5.3 illustrent les deux cas évoqués. Dans le cas de la figure 5.2, le délai d'approvisionnement est court, l'écart de consommation entre les deux dates t0 et t1 est faible.



à t0, la commande est passée
à t1, la commande est réceptionnée
le délai (t0, t1) est court

Figure 5.2. *Remise à niveau avec délai d'approvisionnement court*

La figure 5.3 illustre le cas d'un délai de réapprovisionnement plus long et comporte une partie de prévision. Dans un tel cas, la remise à niveau précise du stock s'avère plus compliquée.

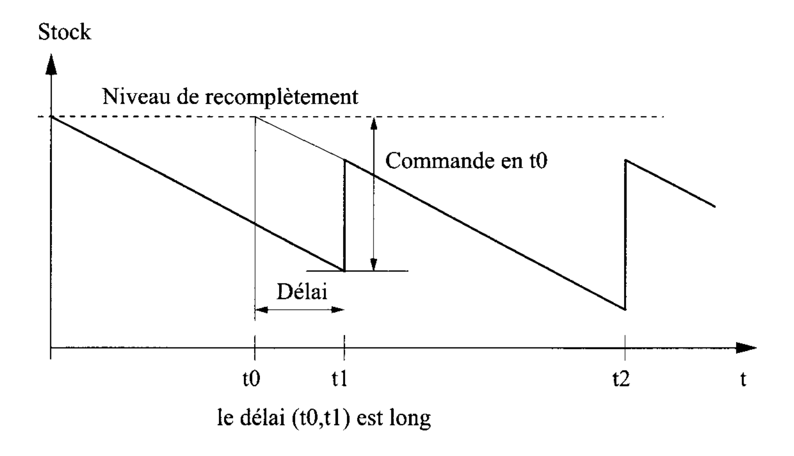


Figure 5.3. *Remise à niveau avec délai d'approvisionnement long*

La méthode à recomplètement périodique consiste à examiner le niveau de stock à intervalles réguliers et à passer une commande égale à la quantité consommée pendant la période précédente. La quantité commandée est égale à la différence entre le stock disponible et le niveau de recomplètement.

5.1.2. *La méthode de gestion des stocks à recomplètement périodique*

Le niveau de recomplètement est fonction des critères qui apparaissent sur la figure 5.4, les dates t1 et t3 sont les dates des révisions. Si l'on ne prend pas en compte la consommation pendant le délai, le niveau de réapprovisionnement ne sera pas atteint.

Dans le cas d'un délai court, si l'on considère la consommation faible durant le délai, la formule de la quantité à commander lors des dates de révision est :

Commande théorique = NdR – stock disponible

Dans le cas d'un délai long, la consommation durant le délai est à prendre en compte.

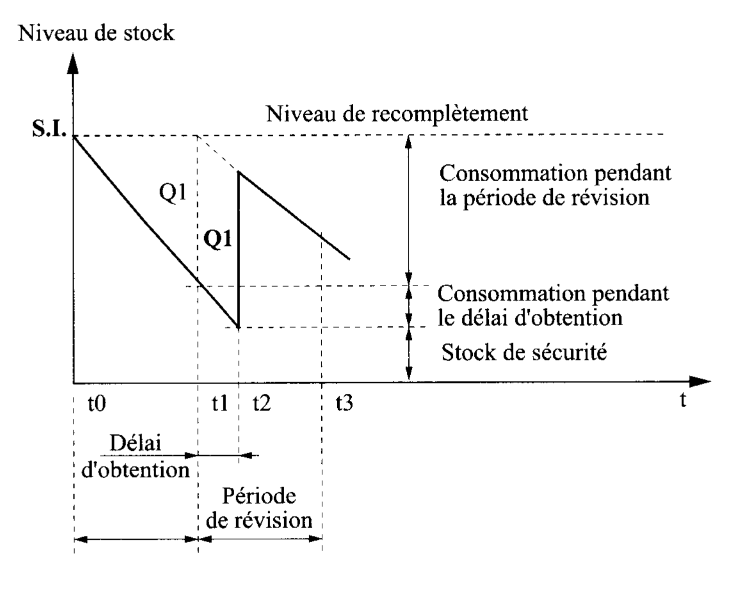


Figure 5.4. *Fonctionnement du système de gestion des stocks à recomplètement périodique simple*

5.1.2.1. *Exemple 1 : calcul d'un NdR dans le cas d'une gestion avec un délai d'obtention inférieur à la période de révision*

Calculer le niveau de recomplètement à partir des informations suivantes :

– prévision moyenne de consommation : 300 articles par période de révision ;

– délai d'obtention inférieur à la période de prévision : 0,5 période ;

– stock de sécurité : 50 articles.

Solution

On applique la formule NdR = A (1 + a) + SS

La consommation moyenne est de 300 pièces sur une période T, le délai d'obtention est de 0,5 période, le stock de sécurité a pour valeur 50 pièces. Le coefficient a = 0,5, ce qui donne NdR = 300 (1 + 0,5) + 50 = 500 articles.

5.1.2.2. *Exemple 2 : calcul d'un NdR dans le cas d'une gestion avec un délai d'obtention supérieur à la période de révision*

Calculer le niveau de recomplètement à partir des informations suivantes :

– prévision moyenne de consommation : 100 articles par période ;

– délai d'obtention supérieur à la période de révision : 1,5 période ;
– stock de sécurité : 25 articles.

Solution

$$\text{NdR} = A(1 + a) + SS = 100(1 + 1{,}5) + 25 = 275 \text{ articles}$$

5.1.2.3. *Exemple 3 : étude des mouvements des stocks dans le cas d'une gestion avec niveau de recomplètement sans tenir compte de la consommation pendant le délai et avec stock de sécurité nul*

Etudier les mouvements de stock de l'article x dont les caractéristiques sont les suivantes : période de révision de 2 semaines, délai d'obtention de 7 jours, niveau de recomplètement égal à 140. Aux dates de révision, on déclenche une commande égale à la différence entre le NdR et le stock restant.

Les données du problème sont les suivantes :
– le stock initial est de 140 au 01 06 ;
– les révisions ont lieu les 16 06, 30 06, 14 07 ;
– les livraisons sont effectuées les 23 06 et 07 07.

Calculer les valeurs des colonnes stock disponible, commande et stock + commande en utilisant le modèle de fiche de stock figure 5.5.

Article :		Délai d'obtention :		Niveau de recomplètement :		
Cycle de révision :		Stock de sécurité :				
Rév./Liv.	Date	Entrée	Sortie	Stock disponible	Commande	Stock + en commande

Figure 5.5. *Fiche de stock vierge pour méthode avec niveau de recomplètement (pour délai supérieur ou inférieur à la période de révision)*

Les données du problème sont présentées sur la fiche de stock (figure 5.6).

Article : X		Délai d'obtention : 7 jours		Niveau de recomplètement : 140		
Cycle de révision : 2 semaines		Stock de sécurité : 0				
Rév./Liv.	Date	Entrée	Sortie	Stock disponible	Commande	Stock + en commande
	01 06			140		
	02 06		6			
	03 06					
	04 06		2			
	05 06		2			
	06 06		8			
	07 06					
	08 06					
	09 06		4			
	10 06					
	11 06		10			
	12 06		8			
	13 06		6			
	14 06					
	15 06					
	16 06		14			
	17 06		12			
	18 06		8			
	19 06		6			
	20 06		6			
	21 06					
	22 06					
	23 06					
	24 06		2			
	25 06		10			
	26 06		2			
	27 06		14			
	28 06					
	29 06					
	30 06		10			
	01 07		10			
	02 07		2			
	03 07		6			

	04 07		12			
	05 07					
	06 07					
	07 07					
	08 07		14			
	09 07		10			
	10 07		14			
	11 07		4			
	12 07					
	13 07					
	14 07		14			
	15 07					
			Somme = 216			

Figure 5.6. *Mouvements des stocks*

Solution

Sur la figure 5.9, le stock initial est de 140. On constate un total de 216 pièces consommées, soit une moyenne de 216/27 = 8 articles par sortie. La période de révision a lieu toutes les deux semaines : le 16 06, le 30 06, le 14 07 sur la fiche.

A la date du 16 06, on constate un stock de 80, ce qui déclenche une commande égale à la différence :

Commande = niveau de recomplètement – stock disponible = 140 – 80 = 60

Le délai de livraison de la commande est de 7 jours, la réception a lieu le 23 06. Le niveau de stock passe à 48 + 60 = 108 (premier repère L sur le graphe de gestion des stocks).

Les dates t0, t1, t2 correspondent aux dates de révision, les commandes sont livrées dans un délai d'une semaine, à la date repérée L (livraison).

Etude des mouvements de stock (voir figures 5.7 et 5.8)

Les graphiques des mouvements de stock se déterminent à partir des données enregistrées. Le premier graphique illustre les mouvements de consommations, le deuxième montre que le maximum ne dépassera pas un niveau de recomplètement NdR de 140. On constate que le niveau de réapprovisionnement n'est jamais atteint parce que l'on continue à consommer pendant le délai de 7 jours, un délai plus court

permettrait de se rapprocher du NdR fixé. La prise en compte de la consommation pendant le délai aurait permis de remonter au niveau de recomplètement.

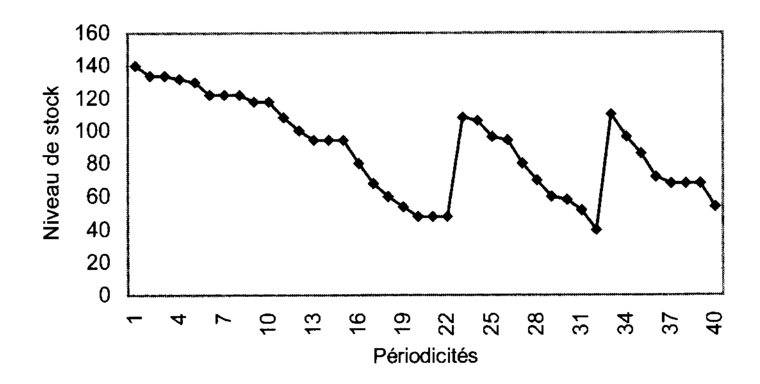


Figure 5.7. *Graphique des mouvements de stock pour la méthode à recomplètement (stock disponible)*

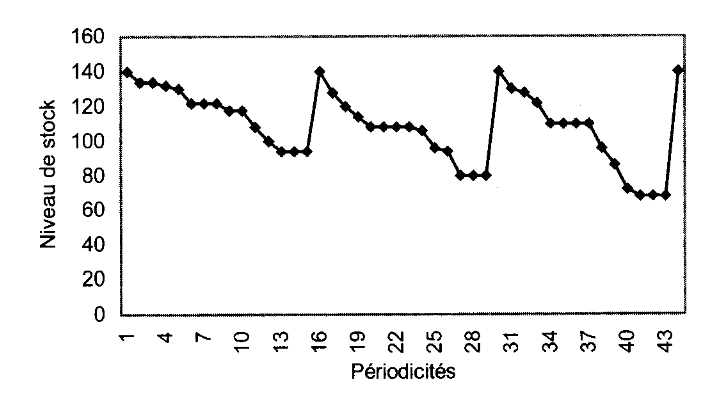


Figure 5.8. *Graphique des mouvements de stock pour la méthode à recomplètement (stock + en commande)*

Le détail des calculs est indiqué sur la figure 5.9.

Article : X		Délai d'obtention : 7 jours		Niveau de recomplètement : 140		
Cycle de révision : 2 semaines		Stock de sécurité : 0				
Rév./Liv.	Date	Entrée	Sortie	Stock disponible	Commande	Stock + en commande
	01 06			140		140
	02 06		6	134		134
	03 06					
	04 06		2	132		132
	05 06		2	130		130
	06 06		8	122		122
	07 06					
	08 06					
	09 06		4	118		118
	10 06					
	11 06		10	108		108
	12 06		8	100		100
	13 06		6	94		94
	14 06					
	15 06					
t0	16 06		14	80	140 - 80	140
	17 06		12	68		128
	18 06		8	60		120
	19 06		6	54		114
	20 06		6	48		108
	21 06					
	22 06					
L	23 06	60		108		108
	24 06		2	106		106
	25 06		10	96		96
	26 06		2	94		94
	27 06		14	80		80
	28 06					
	29 06					
t1	30 06		10	70	140 - 70	140
	01 07		10	60		130

	02 07		2	58		128
	03 07		6	52		122
	04 07		12	40		110
	05 07					
	06 07					
L	07 07	70		110		110
	08 07		14	96		96
	09 07		10	86		86
	10 07		14	72		72
	11 07		4	68		68
	12 07					
	13 07					
t2	14 07		14	54	140 – 54	140
	15 07					
			Somme = 216			

Figure 5.9. *Fonctionnement de la fiche de stock avec niveau de recomplètement et délai d'obtention inférieur à la période de révision*

5.1.2.4. *Exemple 4 : étude des mouvements des stocks avec calcul prévisionnel pendant le délai*

On prend en compte la consommation prévisionnelle pendant le délai, le stock de sécurité est nul dans le cas étudié. Les données sont les mêmes que précédemment. Il s'agit d'étudier les mouvements de stock de l'article x dont les caractéristiques sont les suivantes : période de révision de 2 semaines, délai d'obtention de 7 jours, niveau de recomplètement égal à 140. Aux dates de révision, on déclenche une commande égale à la différence entre le NdR et le stock restant.

Les données du problème sont les suivantes :

– le stock initial est de 140 au 01 06 ;

– les révisions ont lieu les 16 06, 30 06, 14 07 ;

– les livraisons sont effectuées les 23 06 et 07 07 ;

– consommation moyenne[1] durant les délais = 31.

1. Dans cet exemple, on prend en compte une consommation moyenne de 31 articles durant le délai d'obtention, ce qui permet d'atteindre une valeur de recomplètement plus réaliste.

Article : X			Délai d'obtention : 7 jours		Niveau de recomplètement : 140
Cycle de révision : 2 semaines			Stock de sécurité : 0		Observations : prise en compte des consommations pendant le délai d'obtention (moyenne = 31)
Rév./Liv.	Date	Entrée	Sortie	Stock disponible	Commande
	01 06			140	
	02 06		6	134	
	03 06				
	04 06		2	132	
	05 06		2	130	
	06 06		8	122	
	07 06				
	08 06				
	09 06		4	118	
	10 06				
	11 06		10	108	
	12 06		8	100	
	13 06		6	94	
	14 06				
	15 06				
t0	16 06		14	80	(140 – 80) + 31 = 91
	17 06		12	68	
	18 06		8	60	
	19 06		6	54	
	20 06		6	48	
	21 06				
	22 06				
L	23 06	91		139	
	24 06		2	137	
	25 06		10	127	
	26 06		2	125	
	27 06		14	111	
	28 06				
	29 06				
t1	30 06		10	101	(140 - 101) + 31 = 70

	01 07		10	91	
	02 07		2	89	
	03 07		6	83	
	04 07		12	71	
	05 07				
	06 07				
L	07 07	70		141	
	08 07		14	127	
	09 07		10	117	
	10 07		14	103	
	11 07		4	99	
	12 07				
	13 07				
t2	14 07		14	85	(140 – 85) + 31 = 86
	15 07				
			Somme = 216		

Figure 5.10. *Fonctionnement de la fiche de stock avec niveau de recomplètement et prise en compte de la consommation moyenne pendant le délai*

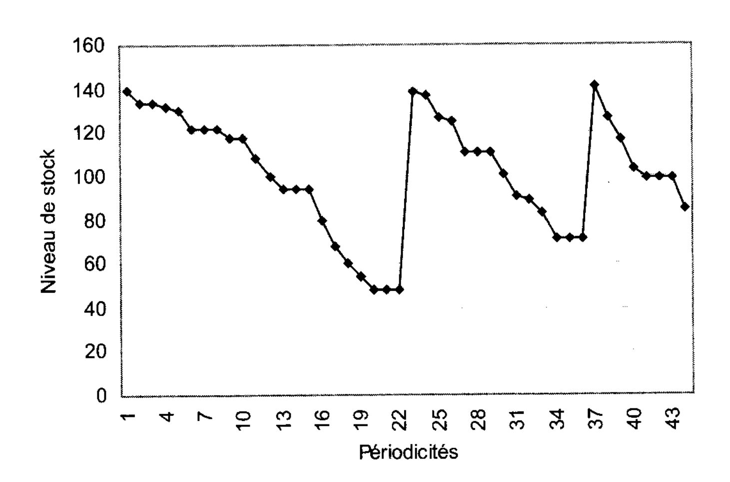


Figure 5.11. *Graphique des mouvements de stock pour la méthode à recomplètement avec prise en compte de la consommation pendant le délai*[2]

2. La prise en compte de la consommation pendant le délai aurait permis de « remonter » au niveau NdR.

5.1.2.5. *Le cas d'une gestion à recomplètement périodique avec délai d'obtention supérieur à la période de révision*

Lorsque le délai d'obtention est supérieur à la longueur d'une période de révision, plusieurs commandes peuvent être en cours et non livrées. Il est indispensable dans ce cas de faire apparaître sur la fiche de stock, une colonne indiquant la somme du stock physique réellement en magasin et des quantités commandées non encore livrées.

La figure 5.12 illustre le fonctionnement de cette méthode. Les périodes de révision sont (t0, t1), (t1, t2), (t2, t3), etc. Le délai de livraison est supérieur à la valeur de ces périodes.

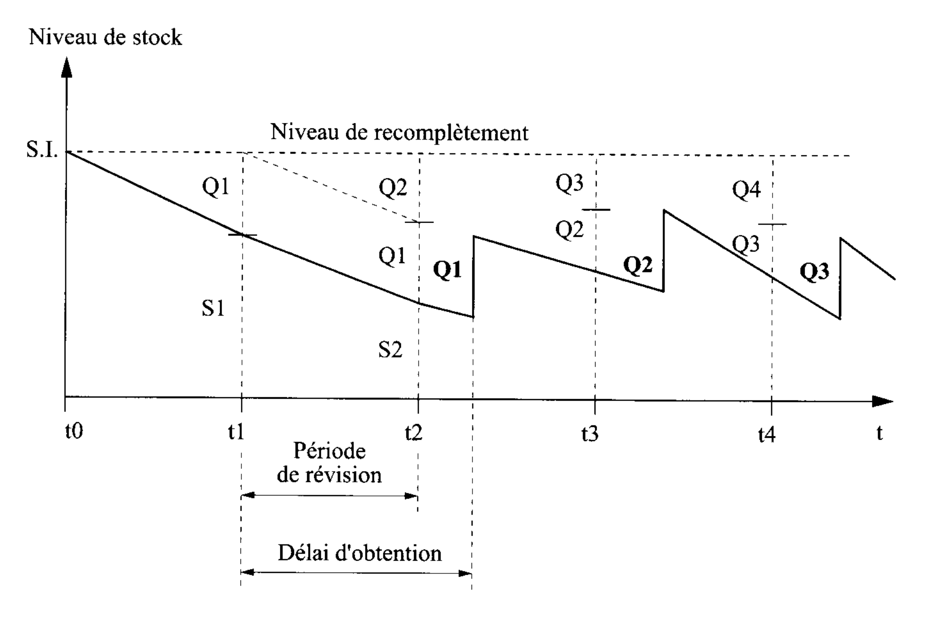


Figure 5.12. *Fonctionnement du système de gestion des stocks avec délai d'obtention supérieur à la période de révision*

Que se passe-t-il en t0, t1, t2, t3, t4 ?

– en t0, nous considérons que nous commençons avec un stock initial ;

– en t1, il s'agit de la première date de révision, nous commandons :

$$Q1 = NdR - S1$$

où Q1 = quantité commandée, NdR = niveau de recomplètement et S1 = stock restant en fin de période de révision (t0, t1) ;

– en t2, la commande Q1 n'est pas encore livrée puisque le délai d'obtention est supérieur à la période de révision. A cette date t2, nous constatons un différentiel égal à NdR – S2. La commande Q1 n'étant pas livrée, il faut en tenir compte pour déterminer la quantité de la commande Q2 ;

– en t3, le raisonnement est identique, on tiendra compte de la quantité Q2 non encore livrée pour calculer la commande Q3, etc.

5.1.2.6. *Exemple 1 : premier cas avec délai d'obtention supérieur à la période de révision*

Calculer le niveau de recomplètement à partir des informations suivantes :

– consommation moyenne : 100 articles par période ;

– délai d'obtention supérieur à la période de révision : 1,5 période ;

– stock de sécurité : 25 articles.

Solution

NdR = demande moyenne pendant la durée d'une période
+ demande moyenne pendant le délai d'obtention
+ stock de sécurité = 100 + (100 × 1,5) + 25 = 275 articles

5.1.2.7. *Exemple 2 : deuxième cas avec délai d'obtention supérieur à la période de révision*

Calculer le niveau de recomplètement à partir des données suivantes :

– consommation moyenne (une période = un mois) : 5 000 articles par mois ;

– délai d'obtention supérieur à la période de révision : 3 mois ;

– stock de sécurité : 2 000 articles.

NdR = 5 000 + (5 000 × 3) + 2 000 = 22 000 articles

5.2. La méthode à point de commande : quand commander des quantités fixes ?

La méthode est également appelée gestion sur seuil d'alerte, à stock minimum, à point de commande ou en quantité économique (formule de Wilson). La périodicité est variable et la quantité commandée est fixe (figure 5.13). On gère par cette méthode les articles stratégiques qui ne doivent pas faire l'objet d'une rupture de stock, la valeur des articles est généralement élevée.

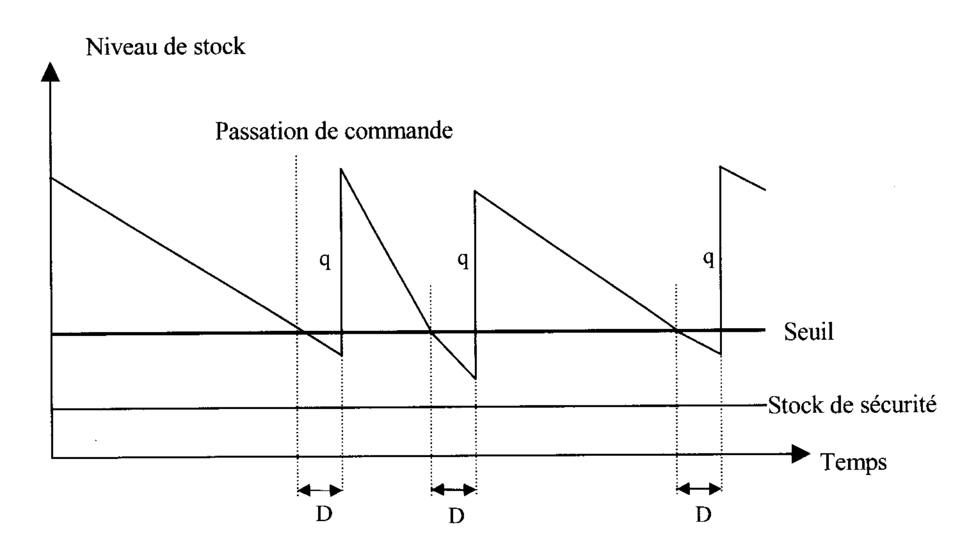


Figure 5.13. *Schéma de principe de la méthode à point de commande*

Ce seuil dépend des besoins que l'on souhaite servir sur une période égale au délai d'approvisionnement. Il faut donc prévoir les besoins moyens ainsi que le stock de sécurité à mettre en place.

La gestion sur seuil consiste à passer une commande, égale à la quantité économique, dès que le stock disponible devient égal ou inférieur au seuil d'alerte (niveau théorique dit point de commande). Ce seuil correspond aux besoins prévus pendant la période d'approvisionnement, c'est-à-dire à la somme de la prévision moyenne des besoins durant le délai d'approvisionnement et du stock de sécurité. Cette prévision est réalisée sur une période égale au délai d'approvisionnement. Les besoins à prévoir pendant le délai d'approvisionnement correspondent au niveau du point de commande.

Formule de calcul du point de commande ou seuil d'alerte

Le seuil d'alerte ou point de commande[3] se calcule de la manière suivante :

---

3. En cas de variation saisonnière, le seuil peut être ajusté en fonction du coefficient saisonnier, la formule à utiliser est la suivante : point de commande = (prévision moyenne de consommation pendant le délai d'approvisionnement × coefficient saisonnier) + stock de sécurité.

Point de commande = prévision moyenne de consommation pendant le délai d'approvisionnement + stock de sécurité [5.2]

Avec cette méthode, on sait combien commander, chaque commande correspond à la quantité économique et on cherche quand commander en fixant le seuil de commande. Si la demande moyenne augmente pendant le délai d'approvisionnement, le point de commande est revu à la hausse et la quantité commandée varie en fonction de la valeur des besoins dans l'année.

Exemple introductif

L'exemple suivant (figure 5.14) montre de manière simple le principe de la méthode à point de commande appliquée à la gestion d'un article. A quelle date doit-on passer une commande (quantité commandée = 400) sachant que le point de commande se situe à 50 ?

Dans le cas présent, le délai de réapprovisionnement est égal à un jour (D = 1 jour), le seuil est fixé à 50 et franchi le 05/08/99, ce qui a pour conséquence de déclencher une commande égale à 400 réceptionnée le lendemain.

Le tableau de calcul des mouvements de stock est le suivant.

Date	**Entrée**	**Sortie**	**Solde**	**Commande**
30 06 99	**400**			
02 07 99		**10**	390	
12 07 99		**30**	360	
15 07 99		**100**	260	
20 07 99		**60**	200	
05 08 99		**160**	40	400
06 08 99	400	**20**	420	

En caractères gras : les données du problème.

Les autres valeurs sont calculées à partir de ces données.

Figure 5.14. *Tableau de calcul des mouvements de stock*

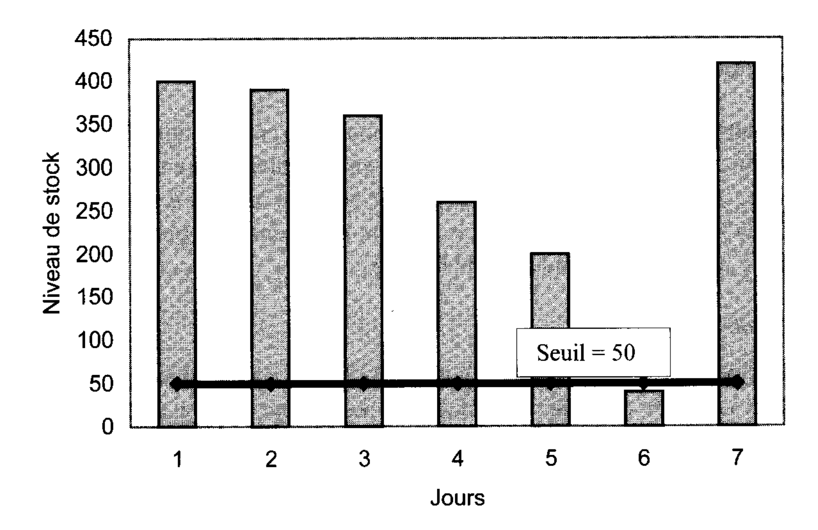


Figure 5.15. *Graphique des mouvements de stock*

5.2.1. *Exemple 1 : calcul du point de commande*

Calculer le point de commande ou niveau de réapprovisionnement en fonction des données suivantes :

– consommation moyenne mensuelle (base 30 jours, l'entreprise fonctionne 7 jours par semaine) : 6 000 articles par mois ;

– délai d'obtention : 5 jours ;

– stock de sécurité : 2 jours.

Solution

Prévision moyenne de consommation pendant le délai d'approvisionnement = 6 000 × 5/30 = 1 000 articles

Stock de sécurité = 6 000 × 2/30 = 400 articles

Point de commande : 1 000 + 400 = 1 400 articles

5.2.2. *Exemple 2 : principe de fonctionnement de la méthode à point de commande*

A partir des données du tableau suivant (figure 5.16), il s'agit de déterminer les dates de déclenchement de commande et de livraison ainsi que les valeurs du stock disponible dans la dernière colonne pour l'article X.

Le repère L correspond à la date de livraison, le délai fournisseur est de 2 semaines, le point de commande se situe à 1 000 et la quantité commandée est de 5 000.

Article : X	**Quantité commandée : 5 000**	**Point de commande : 1 000**	**Délai d'obtention : 2 semaines**	
N° semaine	Dates livraison L ou commande C	Entrée	Sortie	Stock disponible
1	L	5 000	500	
2			1 500	
3			500	
4			1 000	
5			500	
6			500	
7			750	
8			250	
9			1 000	
10			500	
11			500	
12			1 500	
13			500	
14			500	
15			1 000	
16			1 500	
17			500	

Figure 5.16. *Fiche de stock à point de commande*

Solution

Les différences (entrée-sortie) permettent de déterminer le stock disponible. Le niveau de seuil est atteint aux dates repérées C, qui correspondent aux dates de

passation de commande, les livraisons de 5 000 articles s'effectuent deux semaines plus tard (repères L). Les résultats sont présentés ci-dessous (figure 5.17).

Article : X	**Quantité commandée : 5 000**	**Point de commande : 1 000**	**Délai d'obtention : 2 semaines**	
N° semaine	Dates Livraison L ou Commande C	Entrée	Sortie	Stock disponible
1	L	5 000	500	4 500
2			1 500	3 000
3			500	2 500
4			1 000	1 500
5	C		500	1 000
6			500	500
7	L	5 000	750	4 750
8			250	4 500
9			1 000	3 500
10			500	3 000
11			500	2 500
12	C		1 500	1 000
13			500	500
14	L	5 000	500	5 000
15			1 000	4 000
16			1 500	2 500
17			500	2 000

Figure 5.17. *Calcul du stock disponible*

Le graphique des mouvements de stock (figure 5.18) est déduit du tableau précédent.

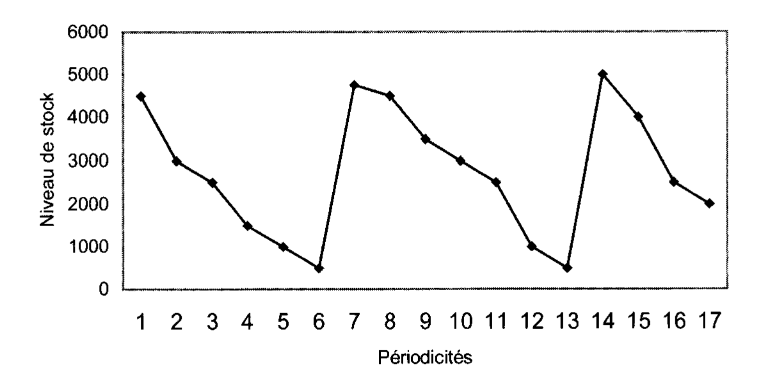


Figure 5.18. *Graphique des mouvements du stock disponible*

5.2.3. *Exemple 3 : comparaison des deux méthodes d'approvisionnement, méthode calendaire et méthode à seuil*

Les données de base sont les suivantes :

- pièce : engrenage ;
- catégorie : A de la classe ABC des stocks ;
- besoins annuels prévus = 12 000 ;
- coût d'achat : 8 € ;
- coût de commande : 65 € ;
- taux de détention : 20 % ;
- délai d'approvisionnement : 2 semaines.

1. Méthode calendaire

On souhaite gérer un stock d'engrenages suivant la méthode calendaire (intervalles constants), on commandera la quantité économique (multiple de 100) :

– déterminer la quantité économique de réapprovisionnement à partir des données de base sachant que les besoins prévus pour l'année suivante sont de 12 000 ;

– établir le graphique des mouvements des stocks sur la période précédente (année n – 1). On commencera avec une valeur en stock initial de 1000 en semaine 01, les périodicités de réapprovisionnement sont égales à quatre semaines.

2. Méthode à seuil d'alerte sans prendre en compte un stock de sécurité

A partir des mêmes données, on décide, après avoir constaté le niveau élevé du stock moyen observé *sur la période précédente*, de simuler la gestion avec seuil d'approvisionnement afin de faire un choix définitif de gestion :

– calculer le seuil de commande *sur les observations du passé* (on commencera avec une valeur en stock initial de 1 000 en semaine 01) ;

– simuler la fiche de suivi des mouvements de stock sur la période en cours ainsi que le graphique en valeurs absolues.

3. Méthode à seuil d'alerte avec stock de sécurité

Selon les mêmes données de base et compte tenu du phénomène de rupture de stock observé durant la simulation précédente, on désire conserver l'avantage d'un niveau de stock minimum et se prémunir contre une rupture.

– calculer le stock de sécurité en ajoutant un écart-type déterminé à partir des consommations de l'historique ;

– tracer le graphique des mouvements du stock sur la période en cours ;

– faire une conclusion en précisant la méthode retenue par rapport à l'article géré.

Les données sont présentées tableau 5.19.

N° semaine	**Demande**	**N° semaine**	**Demande**
1	100	27	250
2	150	28	150
3	250	29	250
4	300	30	300
5	200	31	200
6	150	32	250
7	200	33	200
8	250	34	150
9	150	35	200
10	200	36	250
11	300	37	250
12	200	38	200
13	300	39	100
14	150	40	200
15	100	41	150
16	200	42	250
17	300	43	200
18	150	44	300
19	200	45	150
20	250	46	150
21	200	47	250
22	250	48	250

23	100	49	200
24	200	50	150
25	200	51	300
26	250	52	100
Total	5 300	Total	5 400

Figure 5.19. *Période précédente (année n – 1)*

N° semaine	Demande	N° semaine	Demande
1	100	27	300
2	200	28	350
3	200	29	200
4	250	30	250
5	250	31	200
6	250	32	300
7	250	33	250
8	200	34	300
9	250	35	200
10	300	36	250
11	350	37	350
12	200	38	150
13	200	39	100
14	150	40	200
15	200	41	100
16	250	42	350
17	250	43	350
18	250	44	350
19	200	45	200
20	250	46	150
21	200	47	250
22	200	48	150
23	150	49	250
24	100	50	250
25	250	51	300
26	250	52	200
Total	5 700	Total	6 300

Figure 5.20. *Période en cours (année n)*

Solution

1. Méthode calendaire

Déterminer la quantité économique de réapprovisionnement

Les besoins prévus pour l'année suivante sont 12 000, la quantité économique à commander a pour valeur :

$$q = \sqrt{2aS/Tu} = \sqrt{2 \times 65 \times 12\,000 / 0{,}20 \times 8} = 987$$

On prendra une quantité économique égale à 1 000.

Nombre de commandes par an = 12 000/1 000 = 12 commandes

soit une commande par mois (on prend un mois environ égal à quatre semaines).

Etablir le graphique des mouvements des stocks sur la période précédente

On demande de tracer le graphique des mouvements de stock à partir du tableau intitulé « période précédente » (figure 5.19). Sur le graphique (figure 5.22), on constate un stock moyen de plus en plus élevé.

Article : YYY	Quantité commandée : 1 000 Méthode calendaire		
Délai d'obtention : 2 semaines		Stock de sécurité = 0	
N° semaine	Entrée	Sortie	Stock disponible
1	1 000	100	900
2		150	750
3		250	500
4		300	200
5	1 000	200	1 000
6		150	850
7		200	650
8		250	400
9	1 000	150	1 250
10		200	1 050
11		300	750
12		200	550
13	1 000	300	1 250
14		150	1 100
15		100	1 000

16		200	800
17	1 000	300	1 500
18		150	1 350
19		200	1 150
20		250	900
21	1 000	200	1 700
22		250	1 450
23		100	1 350
24		200	1 150
25	1 000	200	1 950
26		250	1 700
27		250	1 450
28		150	1 300
29	1 000	250	2 050
30		300	1 750
31		200	1 550
32		250	1 300
33	1 000	200	2 100
34		150	1 950
35		200	1 750
36		250	1 500
37	1 000	250	2 250
38		200	2 050
39		100	1 950
40		200	1 750
41	1 000	150	2 600
42		250	2 350
43		200	2 150
44		300	1 850
45	1 000	150	2 700
46		150	2 550
47		250	2 300
48		250	2 050
49	1 000	200	2 850
50		150	2 700
51		300	2 400
52		100	2 300

Figure 5.21. *Calculs relatifs à la méthode calendaire en se basant sur la période précédente*

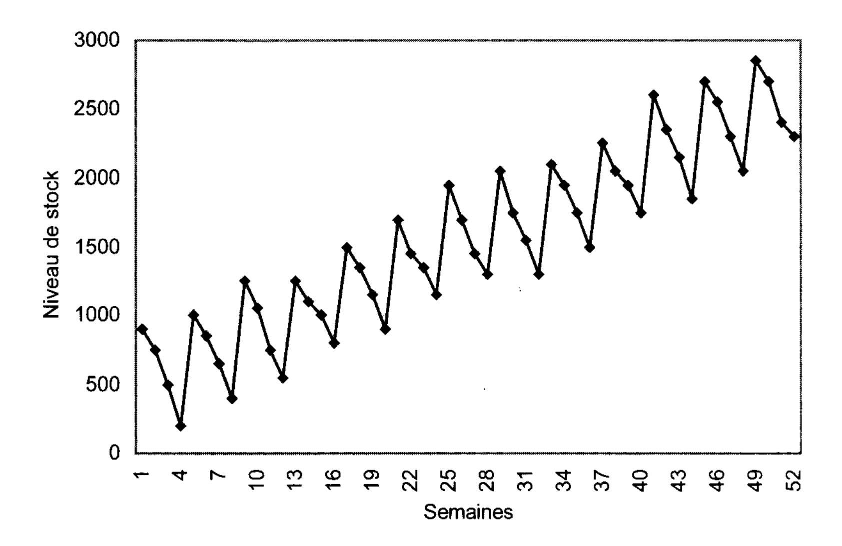


Figure 5.22. *Graphique des mouvements des stocks en utilisant la méthode calendaire*

2. Méthode à seuil d'alerte sans prendre en compte un stock de sécurité

On décide, après avoir constaté le niveau élevé du stock moyen observé sur la période précédente, de simuler la gestion avec seuil d'approvisionnement afin de faire un choix définitif de gestion.

a) Calculer le seuil de commande sur les observations du passé (on commencera à une quantité de 1000 en semaine 01)

A partir des données du tableau intitulé « période précédente », on détermine la consommation moyenne par semaine.

S = consommations de l'année précédente = 10 700 pièces

Consommation moyenne hebdomadaire = 10 700/52 = 205

Le délai de réapprovisionnement est de 2 semaines, le seuil de commande est égal au produit de la consommation moyenne multiplié par le délai :

Seuil = 205 × 2 = 410 arrondi à 400

On fixe le seuil à 400 pour l'année suivante. Dès que le niveau de stock atteint le seuil de 400, une commande est déclenchée et sera réceptionnée 2 semaines après.

a) Simuler la fiche de suivi des mouvements de stock sur la période en cours ainsi que le graphique en valeurs absolues.

Le tableau 5.23 détaille les calculs des niveaux de stock dans le cas d'une gestion à seuil de commande situé à 400.

Article : engrenage		Quantité commandée : 1 000 Seuil = 400	
Délai d'obtention : 2 semaines		Stock de sécurité = 0	
N° semaine	Entrée	Sortie	Stock disponible
1	1 000	100	900
2		200	700
3		200	500
4	Passation de commande	250	250
5		250	0
6	1 000	250	750
7		250	500
8	Passation de commande	200	300
9		250	50
10	1 000	300	750
11	Passation de commande	350	400
12		200	200
13	1 000	200	1 000
14		150	850
15		200	650
16	Passation de commande	250	400
17		250	150
18	1 000	250	900
19		200	700
20		250	450
21	Passation de commande	200	250
22		200	50
23	1 000	150	900
24		100	800
25		250	550

26	Passation de commande	250	300
27		300	0
28	1 000	350	650
29		200	450
30	Passation de commande	250	200
31		200	0
32	1 000	300	700
33		250	450
34	Passation de commande	300	150
35		200	– 50
36	1 000	250	700
37	Passation de commande	350	350
38		150	200
39	1 000	100	1 100
40		200	900
41		100	800
42		350	450
43	Passation de commande	350	100
44		350	– 250
45	1 000	200	550
46	Passation de commande	150	400
47		250	150
48	1 000	150	1 000
49		250	750
50		250	500
51		300	200
52		200	0

Figure 5.23. *Tableau des mouvements des stocks en utilisant la méthode à seuil sans stock de sécurité SS*

Le graphique 5.24 illustre les mouvements de stock, on constate deux ruptures en semaines 35 et 44.

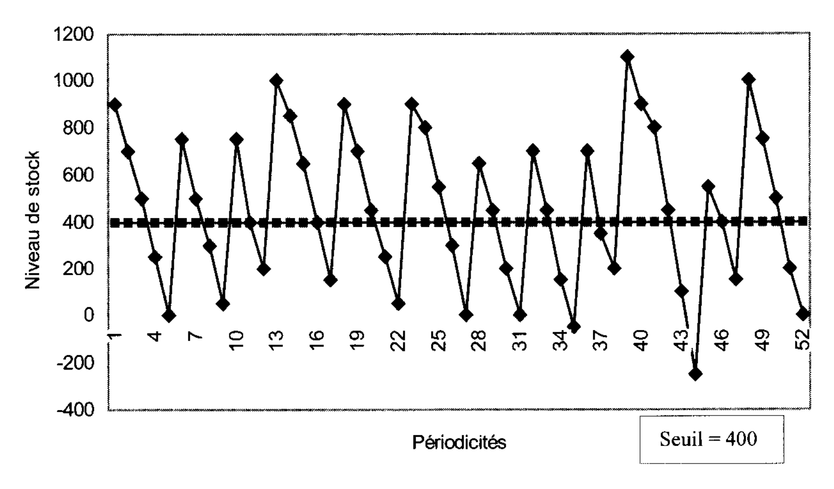


Figure 5.24. *Graphique des mouvements des stocks en utilisant la méthode à seuil sans SS*

3. Méthode à seuil d'alerte avec stock de sécurité[4]

Compte tenu des défaillances observées semaines 35 et 44, on désire conserver l'avantage d'un niveau de stock minimum et se prémunir contre une rupture.

a) Calculer le stock de sécurité en ajoutant un écart-type déterminé à partir des consommations de l'historique

A partir du tableau intitulé « période précédente », on détermine la valeur de l'écart-type des consommations[5].

x_i	n_i	$n_i.x_i$	$x_i - \bar{x}$	$n_i.(x_i - \bar{x})^2$
100	5	500	– 105	55 125
150	11	1 650	– 55	33 275
200	16	3 200	– 5	400
250	13	3 250	+ 45	26 325
300	7	2 100	+ 95	63 175
	Total = 52	Total = 10 700		Total = 178 300

Figure 5.25. *Calcul de l'écart-type des consommations sur l'historique*

4. Voir le chapitre consacré au calcul du stock de sécurité.

5. L'écart-type peut se calculer à partir des valeurs de l'historique en utilisant Excel : sélectionner l'ensemble des valeurs du tableau, aller dans insertion, fonctions, formule à appliquer = ECARTYPE(n° cellule première valeur : n° cellule dernière valeur).

Moyenne $\bar{x}$ = 10 700/52 = 205

Variance V = 178 300/52 = 3 428

Ecart-type = $\sqrt{V}$ = 58,5

Si l'on retient le risque de 5 %, le coefficient de rupture k est égal à 1,65.

Le stock de sécurité SS a pour valeur : SS = $k.\sigma.\sqrt{D}$ = 1,65 × 58,5 × $\sqrt{2}$ = 136 arrondi à 150 (le coût d'achat de 8 € étant faible). On prendra SS = 150, ce qui correspond approximativement à un écart-type. Le seuil de commande passe à 550.

Seuil = prévision moyenne pendant le délai + SS

Seuil = 400 + 150 = 550

On évite ainsi d'être en rupture de stock.

b) Simuler la fiche de suivi des mouvements de stock sur la période en cours (en utilisant les données de la figure 5.20) et tracer le graphique correspondant (figure 5.27)

Article : engrenage		Quantité commandée : 1 000 Seuil = 550	
Délai d'obtention : 2 semaines		Stock de sécurité = 150	
N° semaine	Entrée et passation de commande	Sortie	Stock disponible
1	1 000	100	900
2		200	700
3	Passation de commande	200	500
4		250	250
5	1 000	250	1 000
6		250	750
7	Passation de commande	250	500
8		200	300
9	1 000	250	1 050
10		300	750
11	Passation de commande	350	400
12		200	200
13	1 000	200	1 000
14		150	850
15		200	650
16	Passation de commande	250	400

17		250	150
18	1 000	250	900
19		200	700
20	Passation de commande	250	450
21		200	250
22	1 000	200	1 050
23		150	900
24		100	800
25	Passation de commande	250	550
26		250	300
27	1 000	300	1 000
28		350	650
29	Passation de commande	200	450
30		250	200
31	1 000	200	1 000
32		300	700
33	Passation de commande	250	450
34		300	150
35	1 000	200	950
36		250	700
37	Passation de commande	350	450
38		150	300
39	1 000	100	1 200
40		200	1 000
41		100	900
42	Passation de commande	350	550
43		350	200
44	1 000	350	850
45		200	650
46	Passation de commande	150	500
47		250	250
48	1 000	150	1 100
49		250	850
50		250	600
51	Passation de commande	300	300
52	1 000	200	1 100

Figure 5.26. *Tableau des mouvements des stocks en utilisant la méthode à seuil avec stock de sécurité*

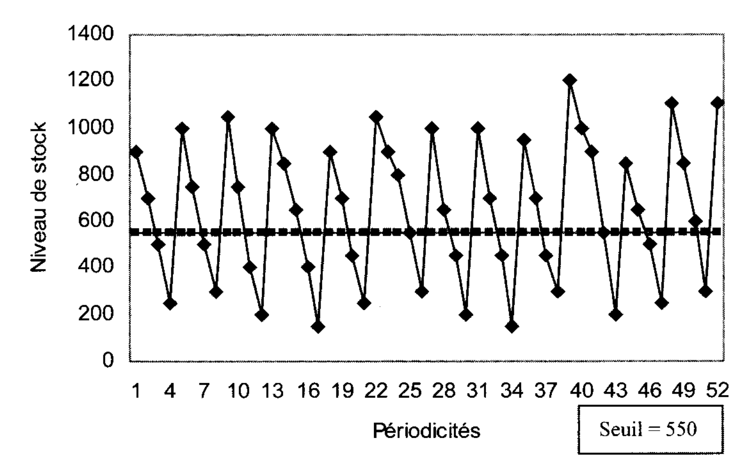


Figure 5.27. *Graphique des mouvements des stocks en utilisant la méthode à seuil avec SS*

RÉCAPITULATIF QUANT AU CHOIX DE LA MÉTHODE DÉFINITIVE.– La méthode à seuil avec stock de sécurité permet d'éviter la rupture de stock pour cet article classé en catégorie A. Le fait de mettre en place un stock de sécurité génère un coût mais correspond à une garantie de risque minimum pour l'entreprise.

5.3. La méthode MRP

La plupart des systèmes GPAO fonctionne selon la logique MRP[6]. On distingue la méthode MRP1 et la méthode MRP2 [WIG 84]. MRP1 signifie *material requirement planning*, la méthode remonte aux années 1960. Elle cherche à établir une programmation de la production sans se poser le problème des capacités de production effectivement disponibles. MRP2 signifie *manufacturing resource planning*, cette méthode, plus récente que la précédente, remonte aux années 1970 et cherche à ajuster la charge souhaitée et la charge disponible pour chaque centre de production.

La démarche MRP est expliquée figure 5.28. Les commandes clients permettent de définir un programme commercial qui est ensuite traduit en programme de production. Les besoins bruts sont égaux à la quantité commandée pour une commande. Les besoins nets sont calculés à partir des besoins bruts en prenant en compte les stocks disponibles ainsi que les en-cours de fabrication et de commandes. La différence entre les besoins bruts et les stocks et en-cours donnent les besoins nets. Il en résulte des quantités à fabriquer (ordres de fabrication OF) ou des quantités à approvisionner (ordres d'achat OA).

6. Il existe une traduction française de MRP : management des ressources de production.

Le programme commercial est établi à partir des commandes enregistrées et des prévisions de ventes, il permet d'élaborer le programme de production. Les données de base nécessaires pour déterminer les besoins nets sont les nomenclatures et les gammes de fabrication. La précision des besoins dépend ensuite de la qualité des données des différents fichiers (nomenclatures, stocks, etc.). Les ordres de fabrication et les ordres d'achat découlent du calcul MRP. Les OF donnent lieu à un calcul des charges, les OA font l'objet de commandes auprès des fournisseurs. La figure 5.28 illustre la démarche MRP.

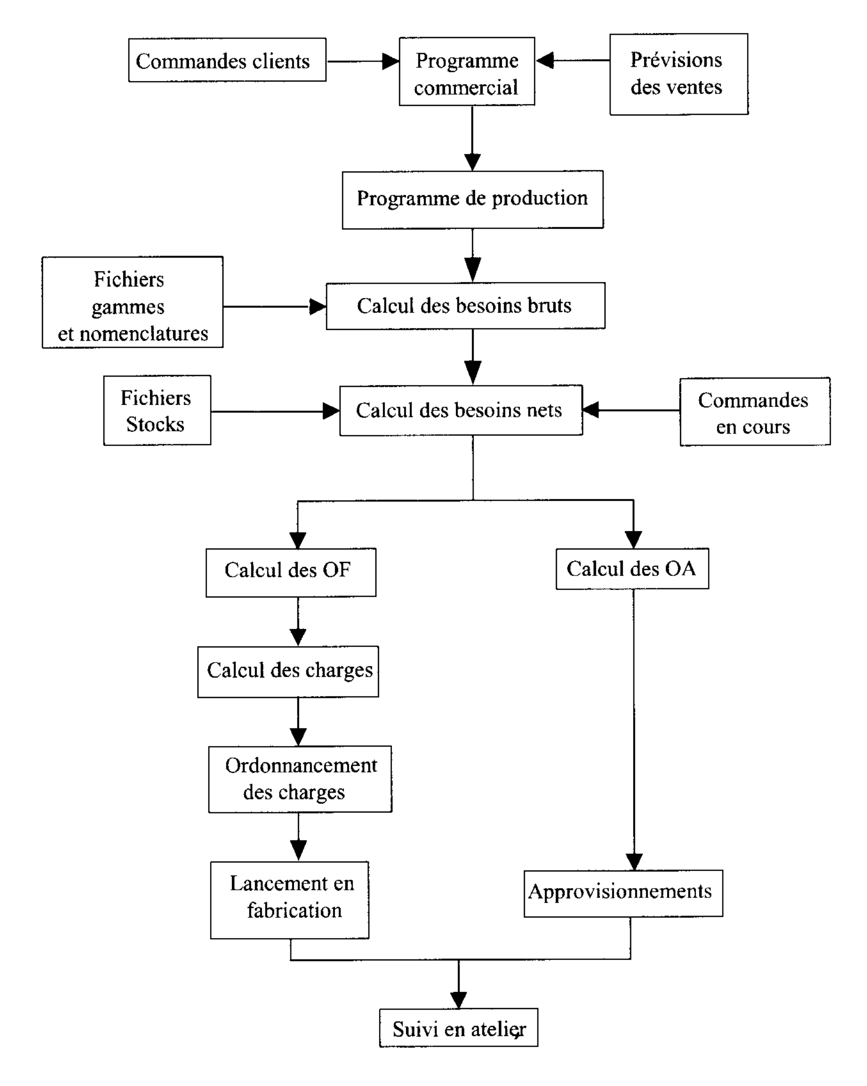


Figure 5.28. *La démarche MRP*

5.3.1. *Les différentes étapes de la planification : PIC, PDP, planning*

Le plan industriel et commercial ou PIC est la première étape de la planification. La deuxième étape est le plan directeur de production et la troisième étape se traduit par le planning à court terme, c'est-à-dire la gestion des commandes au quotidien.

Les différentes étapes de la planification de la production sont illustrées sur la figure 5.29 où le PIC, le PDP et le planning sont positionnés dans le temps [BEL 90].

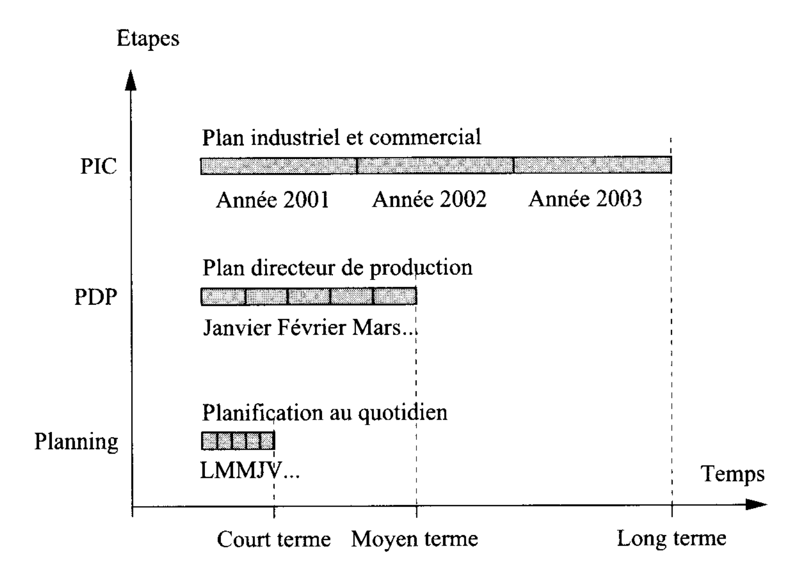


Figure 5.29. *Les différentes étapes de la planification*

5.3.2. *Le plan industriel et commercial (PIC)*

Le plan industriel et commercial se situe au plus haut niveau du management des ressources de la production, il concerne la direction générale qui étudie la stratégie à long terme.

Le PIC est calculé pour chaque famille de produits, à partir d'estimations moyennes, son objectif est de permettre de cadrer globalement l'activité. On pourra ainsi orienter l'allocation des ressources de l'entreprise : capacités machines, prise en compte des délais d'approvisionnement, effectif à prévoir, stratégies à décider (nouvelle usine,

nouveaux produits, implantation à l'étranger, choix de nouveaux fournisseurs, etc.), besoins financiers (investissements à prévoir en formation, moyens de production, etc.).

Le PIC est à une analyse sur le long terme (plusieurs mois en général, voire même plusieurs années dans certains cas), il se transforme ensuite en plan directeur de production PDP à partir duquel on va étudier la réalisation sur le moyen terme. Le calcul des charges pour le PIC est réalisé à l'aide de macrogammes dans lesquelles se trouvent les temps opératoires globaux par famille de produits. Les temps des macrogammes sont approximatifs mais suffisants pour réaliser des simulations à partir des moyens informatiques appropriés.

Les principaux acteurs concernés par le PIC dans l'entreprise sont la direction générale, la direction industrielle, la direction commerciale et la logistique. Une réunion peut être planifiée régulièrement dans le temps, par exemple tous les mois, pour permettre d'analyser les trois critères suivants : ventes, production et stocks, on raisonne par famille de produits.

Exemple de calcul de PIC

On calcule le PIC pour une famille de produits A sur une période d'une année. Les données de l'entreprise sont les suivantes :

- l'effectif normal est de 100 opérateurs par équipe ;
- les horaires sont de 35 heures/semaine, 2 × 7 heures/jour ;
- le temps de réalisation d'un produit est de 20 heures.

Les volumes à produire sont donnés pour chaque mois. La charge prévisionnelle mensuelle est calculée en multipliant les montants des volumes par le temps de réalisation de 20 heures par produit. Pour le mois de janvier, la charge prévisionnelle est de 1 600 × 20 h = 32 000 heures.

L'horaire mensuel par opérateur est calculé en multipliant le nombre de jours ouvrables du mois par la durée d'une journée de travail.

La capacité est le produit de l'horaire mensuel par opérateur multiplié par 2 équipes et par le nombre de personnes. Ainsi, pour le mois de janvier, on obtient : 154 × 2 × 100 = 30 800 heures.

Le taux d'emploi est le rapport de la charge sur la capacité. En fonction des taux d'emplois obtenus, on en déduit les effectifs à prévoir et le nombre d'intérimaires à planifier (figure 5.30).

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Volume	1 600	1 400	1 600	1 600	1 400	1 550	1 600	500	1 600	1 550	1 400	1 450
Charge prévisionnelle mensuelle	32 000	28 000	32 000	32 000	28 000	31 000	32 000	10 000	32 000	31 000	28 000	29 000
Nombre de jours travaillés	22	20	22	22	17	21	22	8	22	21	20	18
Horaire mensuel par opérateur	154	140	154	154	119	147	154	56	154	147	140	126
Effectif normal	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Capacité (heures)	30 800	28 000	30 800	30 800	23 800	29 400	30 800	11 200	30 800	29 400	28 000	25 200
Taux d'emploi	1,03	1	1,03	1,03	1,17	1,05	1,03	0,89	1,03	1,05	1	1,15
Effectif à prévoir	103	100	103	103	117	105	103	100	103	105	100	115
Intérim	3	0	3	3	17	5	3	0	3	5	0	15

Figure 5.30. *Exemple de plan industriel et commercial sur une année*

Les résultats obtenus permettent de comparer graphiquement la charge à la capacité. L'analyse du plan industriel et commercial met en évidence les périodes de surcharges et de sous-charges (figure 5.31), les effectifs sont ajustés en conséquence.

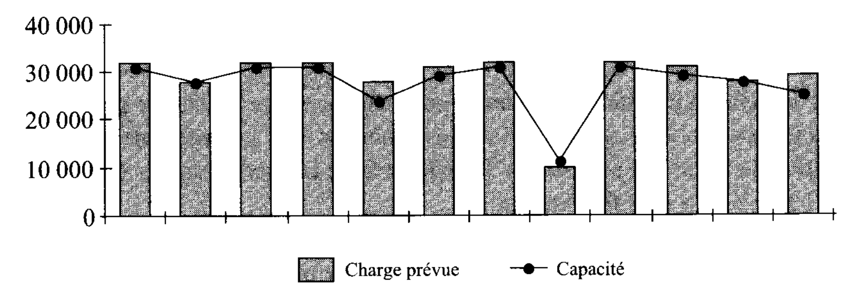


Figure 5.31. *Comparaison charge prévisionnelle et capacité de production*

5.3.3. *Le plan directeur de production (PDP) et les conditions préalables de mise en place d'un MRP*

Le plan directeur de production est issu du plan industriel et commercial, il concrétise le PIC et fixe une programmation de la production des produits finals par rapport à une demande prévisionnelle, il permet d'anticiper le volume des ventes et les charges de travail en rapport.

Le PDP relève d'un groupe de travail qui fait participer au moins la direction commerciale et celle de la production. Un contrat est passé entre la fonction production et la fonction commerciale. Durant la réunion PDP, chaque responsable va analyser la situation par rapport à sa fonction dans l'entreprise en raisonnant « je peux faire ou je ne peux pas faire ». En fin de réunion, le groupe doit avoir décidé une quantité de produits à fabriquer sur la période correspondant au PDP, le commercial s'engage à vendre les quantités programmées. Il s'agit, en effet, de définir un programme de mise à disposition de produits finis et de pièces détachées qui tienne compte des souhaits du commercial tout en restant réalisable, ce qui implique nécessairement une implication de la production.

Le PDP se calcule en reprenant la logique MRP (calcul informatique qui tient compte des stocks et des commandes passées) mais sur une base abrégée, c'est-à-dire en raisonnant au niveau zéro des produits finis, c'est-à-dire au niveau du produit fini sans prendre en compte la décomposition du produit.

La figure 5.32 montre comment peut se diviser le programme directeur en fonction des éléments statistiques dont dispose l'entreprise.

100 %	**80 %-20 %**	**20 %-80 %**
Commandes fermes à très court terme	Commandes garanties à 80 %, incertaines à 20 %	Commandes garanties à 20 %, incertaines à 80 %

Figure 5.32. *Précision des prévisions pour le PDP*

En ce qui concerne le court terme, on peut considérer que les commandes correspondent aux produits finis vendus, les périodes sont normalement figées et ne devraient en principe pas subir de modifications. La durée de ces périodes dépend du cycle moyen de production. Pour le moyen terme, il s'agit par exemple de commandes sûres à 80 %, il reste néanmoins un pourcentage d'incertitude qui a été fixé à 20 %. Pour le long terme, on peut considérer que les commandes sont fermes à 20 % et incertaines à 80 %. Pour cette période, l'entreprise raisonne davantage en familles de produits.

Une nouvelle date de fin de PDP est définie à chaque réactualisation du programme, par exemple chaque semaine. Les commandes sont ajustées lors de chaque réactualisation.

Exemple de fonctionnement du PDP

L'administration des ventes (ADV) analyse les besoins clients sur une période qui peut varier en fonction de l'activité de l'entreprise. Supposons que le PDP soit calculé sur une période de 5 semaines, avec mise à jour une fois par semaine. Les responsables concernés vont se réunir pour réactualiser le PDP, les objectifs de production et de stocks sont alors ajustés. En fonction de l'évolution des ventes et de la production, le PDP est réactualisé selon le principe d'un système glissant, les calculs sont effectués à fréquence hebdomadaire en comparant les demandes et la production réalisée.

Dans le cas étudié, l'entreprise fabrique des produits électroniques. Sur un tableau spécifique au calcul du plan directeur de production, on fait apparaître les éléments suivants : stock de début de période PDP, demandes des clients pour la semaine, productions à réaliser par rapport aux demandes émanant des clients, stock restant en fin de semaine. La figure 5.33 illustre le fonctionnement d'un tel système sur une période pour la fabrication d'un produit fini PF1.

			Semaine 1			**Semaine 2**			**Semaine 3**		
Article	Code article	Stock début	Dem.	Prod.	Stock fin	Dem.	Prod.	Stock fin	Dem.	Prod.	Stock fin
Bloc modem	B11	200	2 100	2 074	174	2 000	2 150	324	2 100		
Carte-mère	S34	150	2 100	2 065	115	2 000	1 900	15	2 100		
Boîtier	B01	400	2 100	1 940	240	2 100	2 020	160	2 100		

Figure 5.33. *Principe du plan directeur de production*

Détail des calculs sur la semaine 1 pour l'article « bloc modem » :

- article : bloc modem
- demandes (Dem) = 2 100 ;
- production (Prod) = 2 074 ;
- différence = – 26 ;
- stock en début de période = 200.

D'où le calcul suivant :

Stock restant = production – demandes + stock de début

Stock restant = 2 074 – 2 100 + 200 = + 174

5.3.4. *Exemple d'application de la méthode MRP pour approvisionner des quantités variables à des dates fixes à partir du PIC et PDP*

La figure 5.34 illustre une méthode d'approvisionnement à dates fixes à partir du plan industriel et commercial. Cette méthode est utilisée dans certaines entreprises fabriquant en séries des produits répétitifs (cas des équipementiers automobiles). Le point est fait à des dates régulières, la quantité commandée est variable en fonction des besoins prévisionnels. Le PDP est révisée chaque semaine, les besoins précis sont définis par référence de produits, les cadencements de livraisons sont programmés et un stock de sécurité est prévu.

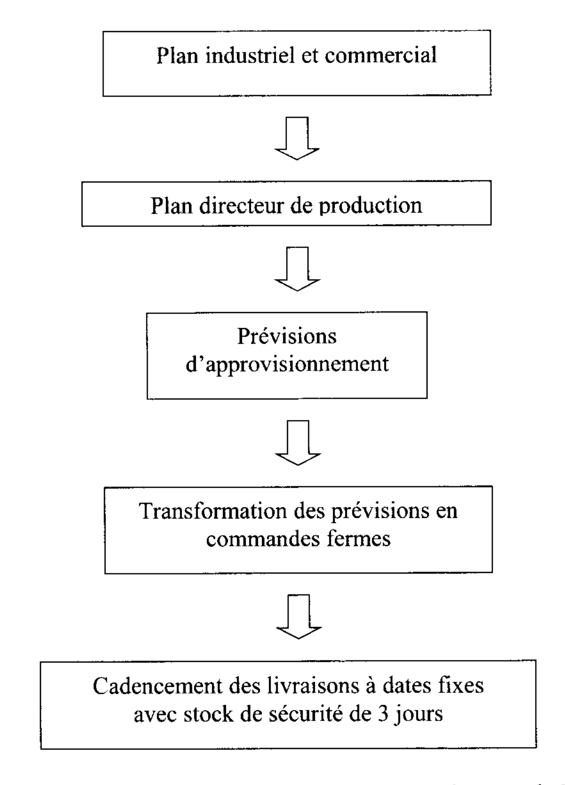


Figure 5.34. *Méthodes de réapprovisionnement à partir du PIC*

5.3.5. *La méthode MRP et la formule de calcul des besoins nets*

La méthode MRP correspond à une gestion scientifique des stocks de matières premières et composants. Elle va permettre de répondre aux questions suivantes : quand commander et combien commander. La principale différence avec les

méthodes à seuil ou recomplètement réside dans la technique de prévision beaucoup plus fine qu'une simple extrapolation de type série chronologique.

Cette méthode se justifie par le fait que les consommations sont irrégulières et que l'on ne peut pas accepter de tomber en rupture de stock sur des composants destinés à la fabrication de produits complexes qui peuvent être fabriqués en juste-à-temps dans certains cas. Les consommations ne sont plus régulières, de ce fait on ne peut pas appliquer le modèle de Wilson basé sur une quantité fixe.

Les calculs s'effectuent en tenant compte de l'état des stocks, des commandes attendues, des prévisions réalisées à partir des historiques existants (application de méthodes statistiques). Les besoins nets correspondent aux ordres d'achat à réaliser, ils sont calculés par rapport aux besoins bruts, c'est-à-dire aux commandes enregistrées auxquelles on soustrait les stocks disponibles et les commandes attendues.

$$\text{Besoins nets} = \text{besoins prévus} - (\text{stock} + \text{commandes attendues}) \qquad [5.3]$$

Les besoins prévus se calculent de la manière suivante :

$$\text{Besoins prévus} = \text{prévision moyenne des besoins} + \text{stock de sécurité} \qquad [5.4]$$

5.3.6. *Exemples MRP*

5.3.6.1. *Exemple introductif MRP*

Soit à calculer les besoins nets en composants tous niveaux pour un programme commercial de 100 produits A.

La décomposition du produit apparaît figure 5.35. Le produit A se situe au niveau 0, les sous-ensembles B et C se trouvent au niveau 1 et les pièces D, E, F, G, H au niveau 2. Chaque élément est affecté d'un coefficient qui représente la quantité nécessaire pour réaliser le produit A. Les liaisons entre éléments se nomment les liens.

Le produit A représente l'ensemble constitué de 2 sous-ensembles B et C. Pour réaliser un produit A, il faut disposer de 2 B et de 3 C. Un sous-ensemble B est composé de 4 pièces D et 2 pièces E. Un sous-ensemble C est constitué de 1 F, 1 G et 2 H.

Dans le fonctionnement de type MRP, le besoin net du niveau supérieur devient le besoin brut du niveau inférieur, en prenant en compte les coefficients affectés,

c'est-à-dire les quantités. Ainsi, le besoin net calculé pour le niveau 0 devient le besoin brut du niveau 1. Il en est de même pour tous les autres niveaux, le besoin net du niveau 1 devient le besoin brut du niveau 2.

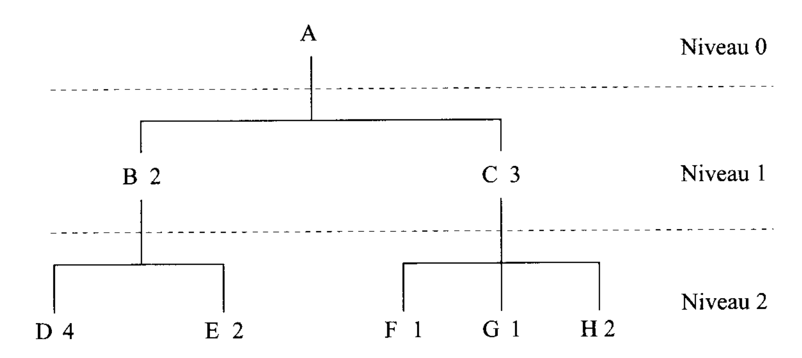


Figure 5.35. *Décomposition arborescente d'un produit A*

Le tableau de la figure 5.36 donne la situation de départ ou « l'état des lieux » au moment où l'on déclenche le calcul des besoins selon la méthode MRP. L'en-cours de commande correspond à un approvisionnement non encore réceptionné mais en cours de réalisation.

	A	B	C	D	E	F	G	H
Stock	15	5	0	75	30	20	30	50
En-cours de fabrication	0	0	20	0	0	20	0	0
Stocks affectés	0	0	0	30	10	0	10	0
En-cours de commande (approvisionnement)	0	0	0	0	180	0	200	0

Figure 5.36. *Situation de départ*

Les sous-ensembles B et C sont fabriqués et font l'objet d'OF, les OA (ordres d'achat ou d'approvisionnement) concernent D, E, G, H et la pièce F est fabriquée.

1. Calculer les besoins nets en composants pour une commande de 100 produits A.

2. Planifier ces besoins à partir des hypothèse suivantes :

– on considère les délais de fabrication et d'obtention constants quelles que soient les quantités à fabriquer ou à livrer ;

– les produits doivent être livrés fin de semaine 12 ;

– dans le diagramme de Gantt, les tâches sont réalisées par enclenchement ;
– les délais sont indiqués dans le tableau de la figure 5.37.

Repères	**Délai OF (semaines)**	**Délai OA (semaines)**
A	1	
B	2	
C	5	
D		2
E		1
F	2	
G		4
H		1

Figure 5.37. *Délais de fabrication des OF et d'approvisionnement des OA*

Solution

1. Calcul des besoins nets

Le calcul des besoins nets est réalisé à partir d'une matrice de calcul des besoins, les calculs sont effectués pour chaque niveau, une matrice récapitulative apparaît en final. Les stocks affectés correspondent à des quantités présentes en magasin mais réservés pour un OF. Les pièces réservées doivent donc être retirées du stock physique pour obtenir le stock disponible.

Calcul au niveau 0

La commande de 100 produits A est égale aux besoins bruts. Le stock disponible est de 15 produits A, la différence donne les besoins nets au niveau 0 pour le produit fini A.

		A	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**	**G**	**H**
Niv. 0	Besoins bruts	100							
Niv. 0	Stock disponible	15							
Niv. 0	En-cours de fabrication								
Niv. 0	En-cours de commande (approvisionnement)								
Niv. 0	Besoins nets	85							

Figure 5.38. *Calcul au niveau 0*

Calcul au niveau 1

Les calculs suivants (figure 5.39) sont basés sur le montant des besoins nets du niveau précédent. Ainsi, pour le niveau 1, les besoins nets de B sont 85 × 2 = 170 et les besoins nets de C sont 85 × 3 = 255.

		A	B	C	D	E	F	G	H
Niv. 0	Besoins nets	85							
Niv. 1	Besoins bruts		170	255					
Niv. 1	Stock disponible		5						
Niv. 1	En-cours de fabrication			20					
Niv. 1	En-cours de commande (approvisionnement)								
Niv. 1	Besoins nets		165	235					

Figure 5.39. *Calcul au niveau 1*

Calcul au niveau 2

Les calculs s'effectuent comme précédemment. Pour réaliser un sous-ensemble B, il faut disposer de 4 D et 2 E. Le calcul MRP donne 165 × 4 = 660 D et 165 × 2 = 330 E. De même pour F, G et H, nous trouverons respectivement 235 × 1 = 235 F, 235 × 1 = 235 G et 235 × 2 = 470 H.

		A	B	C	D	E	F	G	H
Niv. 1	Besoins nets	85	165	235					
Niv. 2	Besoins bruts				660	330	235	235	470
Niv. 2	Stock disponible				45	20	20	20	50
Niv. 2	En-cours de fabrication						20		
Niv. 2	En-cours de commande (approvisionnement)					180		200	
Niv. 2	Besoins nets				615	130	195	15	420

Figure 5.40. *Calcul au niveau 2*

Synthèse des calculs par niveau

La matrice (figure 5.41) présente la synthèse de l'ensemble des calculs en cascade.

	A	B	C	D	E	F	G	H
Besoins bruts	100	170	255	660	330	235	235	470
Stock disponible	15	5		45	20	20	20	50
En-cours de fabrication			20			20		
En-cours de commande (approvisionnement)					180		200	
Besoins nets	85	165	235	615	130	195	15	420

Figure 5.41. *Matrice récapitulative du calcul des besoins nets*

Le calcul des besoins nets montre qu'il est nécessaire de lancer en fabrication 85 produits A. En fonction des stocks et des en-cours, le nombre de sous-ensembles à réaliser est de 165 B et de 235 C. La pièce F fait l'objet d'un OF d'une quantité égale à 195. D, E, G et H sont à approvisionner pour des quantités égales à 615 D, 130 E, 15 G, 420 H.

REMARQUE.– Il est nécessaire de tenir compte d'un taux de rebut si les besoins nets sont des matières premières. Dans certains cas, il faut également prendre en compte la quantité économique de commande. Ainsi, un fournisseur n'acceptera de livrer qu'une quantité bien définie en fonction de l'unité de conditionnement (exemple : livraison par palette complète).

2. Planification des besoins

Tâches	Semaines												
A												A	
B										B	B		
C							C	C	C	C	C		
D								D	D				
E									E				
F					F	F							
G			G	G	G	G							
H						H							
Durée	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
			Début									Fin	

Figure 5.42. *Diagramme de Gantt des différentes opérations*

La planification est effectuée à rebours (figure 5.42), c'est-à-dire en partant du produit A et en remontant à la date de début. Pour une livraison du produit A planifiée fin semaine 12, l'enclenchement des tâches montre qu'il faut commencer par approvisionner G en début de semaine 3. La durée totale de réalisation est de 10 semaines.

5.3.6.2. *Exemple 2 : étude de cas MRP*

Une entreprise fabrique deux produits P1 et P2, dont l'arborescence et les nomenclatures sont données figures 5.43 et 5.44. Les horaires de travail ou capacités hebdomadaires sont de 40 heures par semaine.

Les commandes enregistrées sont les suivantes :

– 100 produits P1 à livrer semaine 06,

– 110 produits P2 à livrer semaine 09.

La figure 5.45 donne les caractéristiques des éléments fabriqués P1, P2, A1, A2, A3 :

– niveau de nomenclature ;

– code élément (PF pour produit fini, SE pour sous-ensemble) ;

– stock disponible en semaine 01 ;

– temps unitaire de fabrication ;

– délai d'obtention (temps standard calculé pour un lot d'une taille donnée, cette valeur est mémorisée dans le fichier de la GPAO) ;

– section concernée (chaque atelier ou service peut faire l'objet d'une section pour permettre un suivi des coûts par section au niveau du contrôle de gestion) ;

– numéro de section ;

Le tableau 5.46 donne les caractéristiques des éléments approvisionnés B1, B2, B3, B4 :

– niveau de nomenclature ;

– code élément ;

– stock disponible en semaine 01 ;

– délai d'approvisionnement (indépendant des quantités commandées) ;

– section concernée ;

– numéro de section.

Sur la figure 5.43, les chiffres entre parenthèses indiquent le nombre d'unités de chaque constituant nécessaire à la fabrication d'une unité de produit fini dans lequel ils sont inclus.

Les produits P1 et P2 se situent au niveau 0, les sous-ensembles A1, A2, A3 sont au niveau 1, B1, B2, B3, B4 se trouvent au niveau 2.

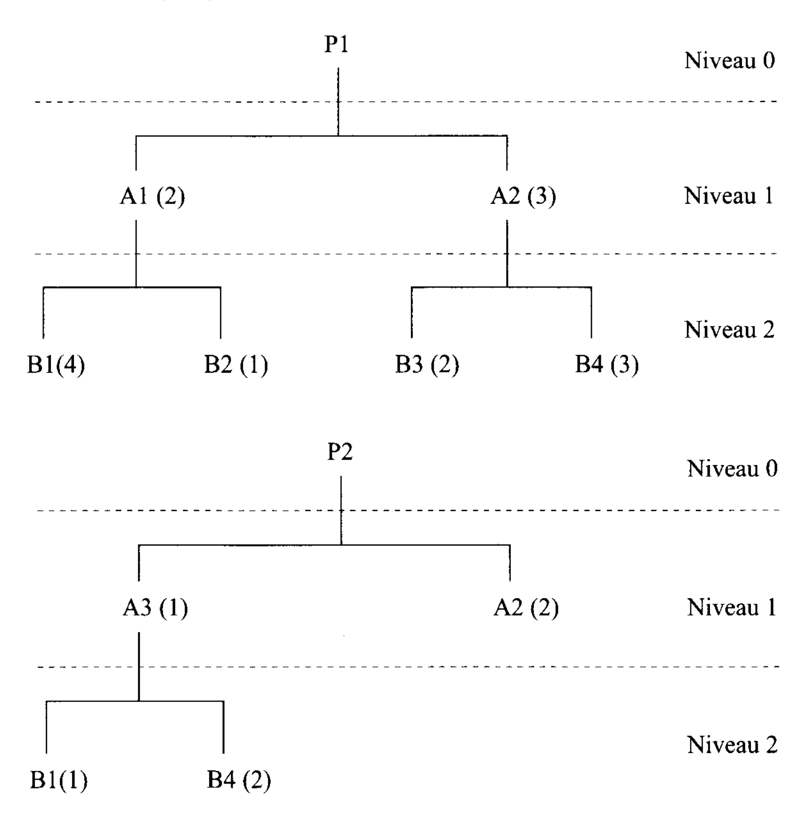


Figure 5.43. *Décomposition arborescente des deux produits P1 et P2*

N0 : niveau des produits finis fabriqués

N1 : niveau des sous-ensembles fabriqués

N2 : niveau des composants approvisionnés

Les nomenclatures des produits sont issus de l'arborescence suivante.

Niveaux							
0	1	2	3	Réf.	Désignation	Quantité	Unité
X					Produit P1		
	X				Sous-ensemble A1	2	U
		X			B1	8	U
		X			B2	2	U
	X				Sous-ensemble A2	3	U
		X			B3	6	U
		X			B4	9	U

Niveaux							
0	1	2	3	Réf.	Désignation	Quantité	Unité
X					Produit P2		
	X				Sous-ensemble A3	1	U
		X			B1	1	U
		X			B4	2	U
	X				Sous-ensemble A2	2	U

Figure 5.44. *Nomenclatures des produits*

Certains éléments sont fabriqués et font l'objet d'ordres de fabrication (OF), d'autres sont approvisionnés à partir d'ordres d'approvisionnement (OA). Les caractéristiques des éléments fabriqués sont indiquées figure 5.45, les caractéristiques des éléments approvisionnés sont données figure 5.46.

Niveau	**PF ou SE**	**Stocks semaine 1**	**Temps unitaire (en heures)**	**Délai d'obtention (semaines)**	**Section**	**N° section**
0	P1	50	0,8	1	Assemblage	S1
0	P2	60	2	2	Assemblage	S1
1	A1	20	1	2	Usinage	S2
1	A2	50	0,4	1	Usinage	S2
1	A3	30	2	1	Usinage	S2

Figure 5.45. *Caractéristiques des éléments fabriqués*

Niveau	Pièces appro-visionnées (ordre d'achat)	Stock semaine 1	Délai d'approvi-sionnement (semaines)	Section	N° section
2	B1	100	1	Magasin	S10
2	B2	60	2	Magasin	S10
2	B3	100	2	Magasin	S10
2	B4	310	3	Magasin	S10

Figure 5.46. *Caractéristiques des éléments approvisionnés*

Pour les pièces approvisionnées B1, B2, B3, B4, la section du contrôle d'entrée des pièces livrées est S10. S1 correspond à la section d'assemblage des produits P1 et P2. Les sous-ensembles A1, A2, A3 sont rattachés à la section d'usinage S2.

Par ailleurs, pour les ordres de fabrication des produits et des sous-ensembles, les délais d'obtention sont des paramètres fixes présents dans le fichier informatique. Dans certains systèmes de GPAO, la valeur du délai est un temps standard calculé pour un lot d'une taille donnée, néanmoins les lots peuvent être de tailles variables[7].

Un lot est une quantité fixe dont la charge est bien précise. Les charges varient en fonction de la taille des lots lancés, le délai d'obtention doit être considéré comme un paramètre nécessaire au fonctionnement MRP [GIA 88] mais également comme une contrainte à respecter. En conséquence, lorsque la charge calculée dépasse la charge correspondant au délai programmé, on prend les mesures nécessaires pour respecter le délai : moyens de production supplémentaires ou renforcement des effectifs.

Ainsi, on considère qu'il faut une semaine pour assembler le produit P1 et deux semaines pour le produit P2 indépendamment de la quantité de l'ordre de fabrication. Pour respecter les délais fixés, le calcul de charges définit l'effectif à prévoir en fonction du nombre d'heures programmées par semaine.

Pour les ordres d'achats, les délais d'approvisionnement sont fixes et indépendants des quantités commandées. Le calcul se déroule ensuite en cascade en « remontant » les nomenclatures de niveau en niveau du produit fini jusqu'aux composants premiers.

7. Au même titre que les coûts et la qualité, le délai devient un facteur primordial pour l'entreprise, tout doit être mis en œuvre pour garantir la date de livraison précisée au client. Le non-respect du délai peut entraîner des pertes de clientèle donc de chiffre d'affaires, le paiement de pénalités de retard, l'arrêt d'une unité de fabrication si les pièces ne sont pas livrées à temps.

Pour les ordres de fabrication, la planification est réalisée au plus tôt. Les produits P1 sont livrés en semaine 06, ce qui signifie que le client doit recevoir sa marchandise le lundi, donc en début de semaine, le délai d'obtention de P1 étant de 1 semaine, l'OF devra commencer en début de semaine 05. Pour le contrôle d'entrée des approvisionnements, les opérations sont effectuées à réception des composants dans l'entreprise.

		Semaines								
		1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
P1	B. bruts									
	Stock									
	B. nets									
	OF									
P2	B. bruts									
	Stock									
	B. nets									
	OF									
A1	B. bruts									
	Stock									
	B. nets									
	OF									
A2	B. bruts									
	Stock									
	B. nets									
	OF									
A3	B. bruts									
	Stock									
	B. nets									
	OF									
B1	B. bruts									
	Stock									
	B. nets									
	OA									
B2	B. bruts									
	Stock									
	B. nets									
	OA									
B3	B. bruts									
	Stock									
	B. nets									
	OA									
B4	B. bruts									
	Stock									
	B. nets									
	OA									

Figure 5.47. *Matrice vierge de calcul des besoins*

Dans un souci de simplification, les ordres de fabrication émis sont égaux aux besoins nets. Les besoins nets sont obtenus en soustrayant les stocks aux besoins bruts.

Le tableau de calcul de la figure 5.47 est utilisé pour déterminer les besoins nets en composants.

Questions :

– 1. calculer les besoins nets en composants à partir du tableau vierge ;

– 2. étudier les charges pour les différents postes de travail et calculer les taux de charge ;

– 3. en supposant que le taux de rebut de B2 soit égal à 10 %, calculer les besoins nets de B2 ;

– 4. si les livraisons de B2 s'effectuent uniquement par quantité de 50, calculer les besoins nets à approvisionner pour B2 ;

– 5. considérons que le produit P1 fasse l'objet d'une division par lots. La commande de 100 produits A est divisée en 5 lots de quantité égale à 20. Les livraisons sont programmées en semaines 2, 3, 4, 5, 6. Le taux de rebut pour A1 et A2 est de 10 %. Les pièces approvisionnées ne font pas l'objet de rebut. Sachant que les délais d'obtention pour chaque élément restent inchangés, on demande de calculer les besoins nets, le montant des ordres de fabrication et des ordres d'achat.

Solution

1. Calcul des besoins nets

Le calcul se déroule de la manière suivante : le besoin brut de 100 unités de P1 en semaine 06 génère un besoin net de (100 – 50) soit 50 unités dans la même semaine. Ce besoin net nécessite de lancer un ordre de fabrication de 50 unités en semaine 05 puisque le délai d'assemblage est d'une semaine. Cet ordre de fabrication implique la disponibilité des sous-ensembles A1 et A2 en semaine 05 et donc leurs besoins bruts respectifs de 50 × 2 unités pour A1, 50 × 3 unités pour A2 (voir figure 5.50)

L'enchaînement correspond à la logique des progiciels de type MRP. Dans le cas du composant approvisionné B4, l'ordre d'approvisionnement en semaine 4 est égal à 300. Hors, il y a 310 B4 en stock, les besoins nets sont donc nuls, le stock résiduel est de 310 – 300 = 10.

Pour la semaine 6, le calcul des besoins nets et des charges pour P1, A1 et A2 est détaillé figure 5.48. Pour P1, les besoins bruts sont de 100, le stock disponible est de 50, la différence donne des besoins nets de 50. La charge pour P1 correspond au

produit du temps unitaire de 0,8 heure × les besoins nets de 50, soit 40 heures. Les calculs sont identiques pour les autres niveaux de nomenclatures.

OF	Stock	Stock disponible	Capacité	Temps unitaire	Besoins bruts	Besoins nets	Charge	Délai d'obtention
	Sem. 1	Sem. 5	Hebdo-madaire	Heures			Heures	Semaines
1	50	50	40h	0,8	100	50	40 h	1
A1	20	20	40h	1	50 × 2	80	80 h	2
A2	50	50	40h	0,4	50 × 3	100	40 h	1

Figure 5.48. *Semaine 6, commande de 100 P1*

Pour la semaine 9, le calcul des besoins nets et des charges pour P2, A2 et A3 est détaillé figure 5.49.

OF	Stock	Stock disponible	Capacité	Temps unitaire	Besoins bruts	Besoins nets	Charge	Délai d'obtention
	Sem. 1	Sem. 6	Hebdo-madaire	Heures			Heures	Semaines
P2	60	60	40h	2	110	50	100 h	2
A2	50	0	40h	0,4	50 × 2	100	40 h	1
A3	30	30	40h	2	50 × 1	20	40 h	1

Figure 5.49. *Semaine 6, commande de 110 P2*

		Semaines								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
P1	B. bruts						100			
	Stock	50	50	50	50	50	50	0	0	0
	B. nets						50			
	OF					50				
P2	B. bruts									110
	Stock	60	60	60	60	60	60	60	60	60
	B. nets									50
	OF							50		

A1	B. bruts					50 × 2				
	Stock	20	20	20	20	20				
	B. nets					80				
	OF			80						
A2	B. bruts					50 × 3		50 × 2		
	Stock	50	50	50	50	50	0	0	0	0
	B. nets					100		100		
	OF				100		100			
A3	B. bruts							50 × 1		
	Stock	30	30	30	30	30	30	30		
	B. nets							20		
	OF						20			
B1	B. bruts			80 × 4			20 × 1			
	Stock	100	100	100	0	0	0	0	0	0
	B. nets			220			20			
	OA		220							
B2	B. bruts			80 × 1						
	Stock			60						
	B. nets			20						
	OA	20								
B3	B. bruts				100 × 2					
	Stock				100					
	B. nets				100					
	OA		100							
B4	B. bruts				100 × 3		20 × 2			
	Stock	310	310	310	310	10	10	0	0	0
	B. nets				0		30			
	OA			30						

Figure 5.50. *Matrice des calcul de besoins nets (CBN)*

Le délai final est déterminé à partir de toutes les données du ou des produits :

– pour P1, on constate qu'il faut déclencher les ordres d'approvisionnement de B2 dès la semaine 01 pour ne pas dépasser le délai fixé en semaine 06, le temps de réalisation est de 6 semaines ;

– pour P2, on constate qu'il faut déclencher les ordres d'approvisionnement de B4 dès la semaine 03 pour ne pas dépasser le délai fixé en semaine 09, le temps de réalisation est de 7 semaines.

2. Etude des charges pour les différents postes de travail

Semaine 6 : calcul des taux de charge					
OF	Capacité hebdomadaire	Charge (heures)	Délai d'obtention (semaines)	Taux de charge	Effectif à prévoir
P1	40h	40h	1	100 %	1
A1	40h	80h	2	100 %	1
A2	40h	40h	1	100 %	1

Semaine 9 : calcul des taux de charge					
OF	Capacité hebdomadaire	Charge (heures)	Délai d'obtention (semaines)	Taux de charge	Effectif à prévoir
P2	40h	100h	2	100/80 = 125 %	2
A2	40h	40h	1	100 %	1
A3	40h	40h	1	100 %	1

Figure 5.51. *Calcul des taux de charge semaines 6 et 9*

3. Calcul des besoins nets de B2 en supposant que le taux de rebut de B2 soit égal à 10 %

Dans le cas d'un rebut (matières premières par exemple), il est nécessaire de commander une quantité supplémentaire, ce supplément doit être prévu dans la nomenclature.

		Semaines						
		1	2	3	4	5	6	7
B2	Besoins bruts			80 × 1				
	Rebut 10 %			8				
	Besoins bruts corrigés			88				
	Stock			60				
	Besoins nets			28				
	Ordre d'approvisionnement	28						

Figure 5.52. *Cas avec rebut*

Le tableau de calcul de la figure 5.52 montre qu'il faut ajouter 10 % aux besoins bruts. Pour des besoins bruts de 80 pièces, il est nécessaire de prévoir 10 % en plus, c'est-à-dire 8 pièces supplémentaires. Le raisonnement est identique si l'on raisonne avec de la matière première, ainsi, 10 % supplémentaire sur 80 kg de matières premières correspond à un surplus à prévoir de 8 kg.

4. Cas avec une quantité économique de commande de 50

Si les livraisons de B2 ne sont possibles que par quantité de 50, calculons les besoins nets à approvisionner pour B2. On ne peut commander en dessous de la quantité économique. Cette quantité peut correspondre par exemple à une commande non inférieure à 50 pièces. Ainsi, un besoin net calculé de 28 déclenche une commande égale à la quantité économique ou à un multiple de cette quantité économique (voir figure 5.53). De même, des besoins nets de 70 unités entraînent une commande égale à 100 unités.

		Semaines						
		1	2	3	4	5	6	7
B2	Besoins bruts			80 × 1				
	Rebut 10 %			8				
	Besoins bruts corrigés			88				
	Stock			60				
	Besoins nets			28				
	Ordre d'approvisionnement	**50**						

Figure 5.53. *Cas avec quantité économique*

5. Calcul des besoins nets pour les pièces fabriquées, calcul des ordres de fabrication et des ordres d'achat

Le produit P1 fait l'objet d'une division par lots. La commande de 100 produits A est divisée en 5 lots de quantité égale à 20 (voir figure 5.54). Les livraisons sont programmées en semaine 2, 3, 4, 5, 6. Le taux de rebut pour A1 et A2 est de 10 %.

Les nomenclatures montrent qu'il faut 2 A1 pour fabriquer 1 P1. Les besoins bruts pour A1 sont de $20 \times 2 = 40$. Le taux de rebut s'élève à 10 %, ce qui correspond à 4 A1, donc un besoin brut corrigé de $40 + 4 = 44$. Pour P1, le stock de A1 disponible en semaine 2 est égal à 20, d'où un besoin net pour A1 de $4 \times 20 = 24$. L'OF est lancé 2 semaines avant, en semaine 0. Le raisonnement est identique pour les autres éléments.

		Semaines									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
P1	B. bruts			20	20	20	20	20			
A1	B. bruts			40	40	40	40	40			
	% rebut			4	4	4	4	4			
	B. bruts corrigés			44	44	44	44	44			
	Stock			20	0	0	0	0			
	B. nets			24	44	44	44	44			
	O. F.	24	44	44	44	44					
A2	B. bruts			30	30	30	30	30			
	% rebut			3	3	3	3	3			
	B. bruts corrigés			33	33	33	33	33			
	Stock			50	17	0	0	0			
	B. nets			0	16	33	33	33			
	OF		0	16	33	33	33				
B1	B. bruts				320						
	Stock				100						
	B. nets				220						
	OA			220							
B2	B. bruts				80						
	Stock				60						
	B. nets				20						
	OA		20								
B3	B. bruts					200					
	Stock					100					
	B. nets					100					
	OA			100							
B4	B. bruts					300					
	Stock					310					
	B. nets					0					
	OA										

Figure 5.54. *Tableau de calcul des besoins avec division de l'OF de P1 en lots*

5.3.6.3. *Exemple 3 : calcul des besoins en composants à partir de la méthode MRP*

1. Supposons que la prévision moyenne des besoins pour un article x s'élève à 1 200 pour la prochaine période d'approvisionnement, le stock de sécurité a pour valeur 155, calculer les besoins prévus.

2. Supposons un stock restant en fin de période de 260 et une commande attendue de 400 articles, déterminer la commande théorique.

Solution

1. Les besoins prévus se calculent de la manière suivante :

Besoins prévus pour la prochaine période = 1 200 + 155 = 1 355 articles

2. La commande théorique pour la prochaine période a pour valeur :

Commande théorique = besoins prévus – (stock + commandes attendues)

Commande théorique = 1 355 – (260 + 400) = 695 articles

C'est le principe de la méthode MRP 2 qui prend en compte les stocks et les commandes en cours.

5.3.6.4. *Exemple 4 : application MRP*

Soit à calculer les besoins nets en composants tous niveaux pour un programme commercial de 500 produits A.

La décomposition du produit apparaît sur la figure ci-dessous.

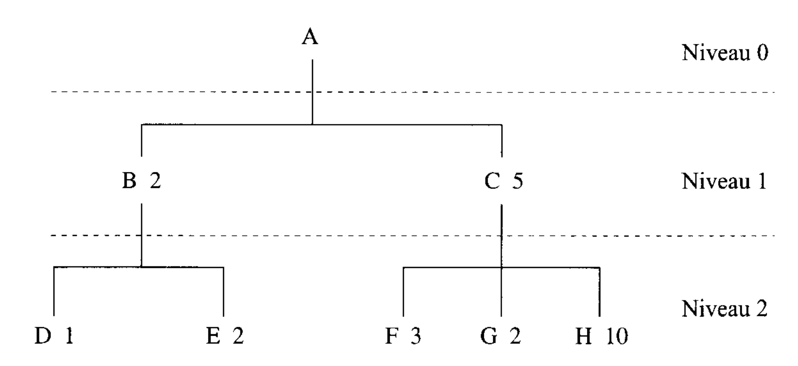


Figure 5.55. *Décomposition arborescente d'un produit A*

Le produit fini A représente l'ensemble constitué de 2 sous-ensembles B et C. Pour réaliser un produit A, il faut disposer de 2 B et 5 C. Un sous-ensemble B est composé de 1 pièce D et 2 pièces E. Un sous-ensemble C est constitué de 3 pièces F, 2 pièces G et 10 pièces H.

Le tableau suivant (figure 5.56) donne la situation de départ ou « l'état des lieux » au moment où l'on déclenche le calcul des besoins selon la méthode MRP.

	A	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**	**G**	**H**
Stock disponible	200	150	1 000	220	100	2 995	1 700	2 000
En-cours de fabrication	0	100	0	0	0	0	0	0
En-cours d'approvisionnement	0	0	0	80	200	0	18	0

Figure 5.56. *Situation de départ*

Les sous-ensembles B et C sont fabriqués et font l'objet d'OF, les OA (ordres d'achat en sous-traitance) concernent D, E, G, H et la pièce F fait également l'objet d'un OA et correspond à une matière première approvisionnée.

Questions

1. Calculer les besoins nets en composants pour une commande de 500 produits A.

2. Sachant que le coût de passation de commande s'élève à 110 € et que le coût d'un article F est de 0,5 €, qu'en concluez-vous ?

3. Le client souhaite réceptionner sa commande dans 10 jours, est-ce possible si l'on considère que la fabrication débute aujourd'hui ?

Les données sont les suivantes.

Hypothèses

Les durées sont constantes quelles que soient les quantités fabriquées ou commandées.

La réalisation s'effectue par enclenchement des tâches.

Repère	Opération	Délai de fabrication des OF en jours	Délai de livraison des OA en jours
A	Assemblage	2	
B	Fabrication	5	
C	Fabrication	3	
D	Sous-traitance		5
E	Sous-traitance		1
F	Appro matières		2
G	Sous-traitance		6
H	Sous-traitance		3

Figure 5.57. *Délais d'approvisionnements et de fabrication*

4. Une négociation des délais de livraison de D est réalisée par le service achats. Le délai de livraison passe de 5 jours à 2 jours pour D. Quelles sont les conséquences pour le délai final du produit (on raisonne toujours par enclenchement des tâches, on considère que le délai est constant quelles que soient les quantités à fabriquer ou à approvisionner) ?

Solution

1. Le calcul des besoins nets

Il est réalisé à partir d'une matrice de calcul des besoins, les calculs sont effectués pour chaque niveau, une matrice récapitulative apparaît en final.

Synthèse des calculs par niveau

La matrice présente la synthèse de l'ensemble des calculs en cascade.

	A	B	C	D	E	F	G	H
Besoins bruts	500	600	1 500	350	700	1 500	1 000	5 000
Stock disponible	200	150	1 000	220	100	2 995	1 700	2 000
En-cours de fabrication	0	100	0	0	0	0	0	0
En-cours d'approvisionnement	0	0	0	80	200	0	18	0
Besoins nets	300	350	500	50	400	– 1 495 (besoins nuls)	– 718 (besoins nuls)	3 000

Figure 5.58. *Matrice récapitulative du calcul des besoins nets*

Les calculs montrent des besoins nets négatifs pour F et G, cela signifie que les besoins sont nuls et que l'on a du stock.

2. Sachant que le coût de passation de commande s'élève à 110 € et que le coût d'un article F est de 0,5 €, qu'en concluez-vous ?

Il est important d'analyser et d'interpréter les résultats du calcul MRP. Dans le cas présent, on peut s'interroger en ce qui concerne le déclenchement d'une commande pour une faible quantité à un prix unitaire de 0,5 €.

Pour une commande de faible valeur, on va générer des frais d'acquisition de 110 €. Il serait judicieux de fixer une quantité minimum à commander pour éviter désormais de se retrouver dans cette situation.

3. Ordonnancement des tâches

On constate que le délai ne pourra pas être tenu puisque le temps de réalisation est de 12 jours (figure 5.59).

Tâches	**Jours**												
A											A	A	
B						B	B	B	B	B			
C								C	C	C			
D	D	D	D	D	D								
E					E								
F													
G													
H					H	H	H						
Durée	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	Début											Fin	

Figure 5.59. *Ordonnancement des tâches pour une commande de 500 produits*

4. Le délai de livraison passe de 5 jours à 2 jours pour D, le nouveau planning est présenté figure 5.60.

Tâches	**Jours**												
A											A	A	
B						B	B	B	B	B			
C								C	C	C			
D				D	D								
E					E								
F													
G													
H					H	H	H						
Durée	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	Début											Fin	

Figure 5.60. *Ordonnancement des tâches pour une commande de 500 produits après négociation du délai de D*

On constate que le délai pourra être tenu car le temps de réalisation passe de 12 jours à 9 jours.

5.4. Autres méthodes d'approvisionnement

5.4.1. *Le principe de recomplètement à l'unité*

Le principe est simple, chaque fois qu'une unité du produit est sortie, une unité est commandée (figure 5.61). C'est le cas par exemple des pharmacies qui peuvent se réapprovisionner rapidement à des centrales d'achat ou de pièces détachées d'équipement industriel qui sont réapprovisionnées une fois les réparations effectuées.

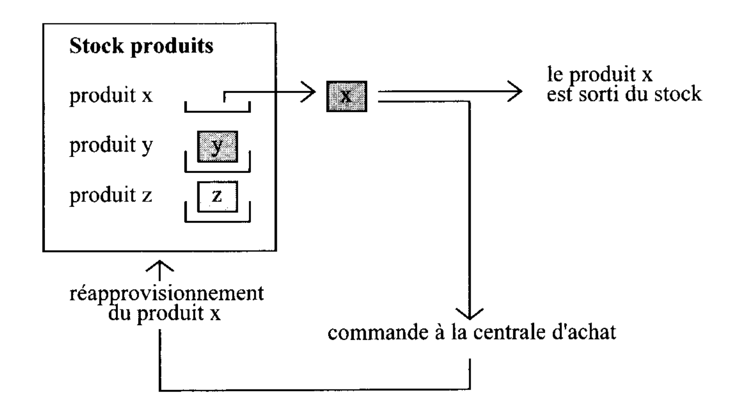


Figure 5.61. *Recomplètement à l'unité*

5.4.2. *Le principe des doubles casiers ou doubles bacs*

Le principe est identique dans l'industrie avec la règle des doubles casiers (figure 5.62). La méthode de gestion est dérivée de la précédente. Elle est employée en production pour certaines pièces, on commande le contenu d'un casier dès que l'un des deux est vide.

Dans une organisation en juste-à-temps, le casier peut correspondre à un *kanban* circulant de la chaîne de fabrication au magasin, les quantités par casier étant constantes. Dès que le casier 1 est vide, on entame le casier 2, on déclenche ainsi une nouvelle commande. Pour réapprovisionner, il faut tenir compte de la quantité dans le bac et du temps de consommation.

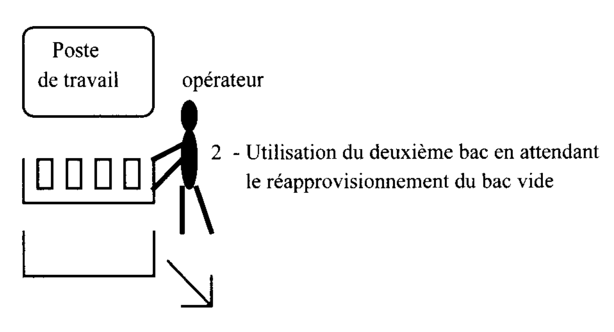


Figure 5.62. *Gestion par la méthode des doubles casiers*

5.5. La méthode DRP (*distribution requirements planning*)

La méthode de gestion utilisée pour faire la liaison entre la distribution physique et la planification de production est la DRP qui signifie *distribution requirements planning*. Elle assure un rôle de coordination, comparable à celui du MRP pour la production.

La logique DRP consiste à recueillir les informations en provenance des demandes de chaque entrepôt local et à faire remonter ces informations au niveau de l'entrepôt central puis des usines. Les usines vont honorer les demandes de l'entrepôt central qui pourra ensuite approvisionné les entrepôts locaux.

Dans certains cas, la méthode DRP est utilisée entre filiales et usine-mère. Les demandes émanent de filiales qui transmettent leurs besoins de production à l'usine-mère.

Exemple de fonctionnement DRP

Un entrepôt central distribue des produits dans une zone géographique, les prévisions de livraison ont été établies pour chaque entrepôt. Périodiquement, les commandes des différents entrepôts sont regroupées et transmises à l'entrepôt principal. Par rapport aux prévisions, les commandes sont toujours des multiples de 100 et sont livrées la semaine suivante. Ainsi, pour une prévision de 250 en semaine 1, la passation de commande s'élève à 300. Le raisonnement est identique pour les autres valeurs[8] [BAG 96, BAG 01].

Les données sont les suivantes.

Entrepôt 1 (E1)

Périodes		**Sem. 1**	**Sem. 2**	**Sem. 3**	**Sem. 4**	**Sem. 5**
Prévisions		250	220	280	250	210
Stock disponible	450					
Réception						
Commandes à l'entrepôt central (source d'approvisionnement)		300	300	300	300	300

8. Voir également BAGLIN G., BRUEL O., GARREAU A., GREIF M., VAN DELFT C., *Management industriel et logistique*, 2e édition, Economica, 1996. BAGLIN G., BRUEL O., GARREAU A., GREIF M., *Management industriel et logistique*, 3e édition, Economica, 2001.

Entrepôt 2 (E2)

Périodes		**Sem. 1**	**Sem. 2**	**Sem. 3**	**Sem. 4**	**Sem. 5**
Prévisions		920	940	900	950	930
Stock disponible	1 300					
Réception						
Commandes à l'entrepôt central (source d'approvisionnement)		1 000	1 000	1 000	1 000	1 000

Entrepôt central (EC)

Périodes		**Sem. 1**	**Sem. 2**	**Sem. 3**	**Sem. 4**	**Sem. 5**
Prévisions de livraisons aux entrepôts						
Stock disponible	2 000					
Réception						
Commandes à l'usine						

Figure 5.63. *Fonctionnement des entrepôts*

Solution

On commence par déterminer les prévisions de commandes à transmettre à l'entrepôt central en fonction des demandes de chaque entrepôt.

Entrepôt 1, Semaine 1

La somme des commandes (E1 + E2) à transmettre à l'entrepôt central correspond à EC = 300 + 1000 = 1300. Ces commandes représentent les prévisions de l'entrepôt central pour la semaine 1.

Entrepôt 1 (E1)

Périodes		**Sem. 1**	**Sem. 2**	**Sem. 3**	**Sem. 4**	**Sem. 5**
Prévisions		250	220	280	250	210
Stock disponible	450	200	280	300	350	440
Réception			300	300	300	300
Commandes à l'entrepôt central		300	300	300	300	

Stock disponible semaine 1 = 450 – 250 = 200

Stock disponible semaine 2 = 200 – 220 + 300 = 280

Stock disponible semaine 3 = 280 – 280 + 300 = 300

Stock disponible semaine 4 = 300 - 250 + 300 = 350

Stock disponible semaine 5 = 350 – 210 + 300 = 440

Entrepôt 2 (E2)

Périodes		Sem. 1	Sem. 2	Sem. 3	Sem. 4	Sem. 5
Prévisions		920	940	900	950	930
Stock disponible	1 300	380	440	540	590	660
Réception			1 000	1 000	1 000	1 000
Commandes à l'entrepôt central		1 000	1 000	1 000	1 000	

Stock disponible semaine 1 = 1 300 – 920 = 380

Stock disponible semaine 2 = 380 – 940 + 1 000 = 440

Stock disponible semaine 3 = 440 – 900 + 1 000 = 540

Stock disponible semaine 4 = 540 – 950 + 1 000 = 590

Stock disponible semaine 5 = 590 – 930 + 1 000 = 660

Entrepôt central (EC)

Périodes		Sem. 1	Sem. 2	Sem. 3	Sem. 4	Sem. 5
Prévisions de livraisons aux entrepôts		1 300	1 300	1 300	1 300	1 300
Stock disponible	2 000	700	1 400	100	800	1 500
Réception			2 000		2 000	2 000
Commandes à l'usine (si stock disponible < 1 000)		2 000		2 000	2 000	

Les commandes d'une quantité économique égale à 2 000 sont passées à l'usine et livrées la semaine suivante.

Stock disponible semaine 1 = 2 000 – 1 300 = 700

Stock disponible semaine 2 = 700 – 1 300 + 2 000 = 1 400

Stock disponible semaine 3 = 1 400 – 1 300 = 100

Stock disponible semaine 4 = 100 – 1 300 + 2 000 = 800

Etc.

La figure 5.64 montre le fonctionnement DRP entre plusieurs entrepôts, l'entrepôt central et l'usine fabriquant les produits. L'entrepôt central gère ses stocks en utilisant la méthode à seuil de commande. Les demandes sont transmises aux entrepôts, ces derniers sont ensuite réapprovisionnés par l'entrepôt central qui transmet ses besoins à l'usine chargée de fabriquer les produits.

Toutes les techniques logistiques sont utilisées pour réaliser les livraisons :

– suivi des taux de service ;

– commande par quantité économique ;

– regroupement des commandes ;

– application des méthodes de réapprovisionnement les mieux adaptées en fonction des articles commandés.

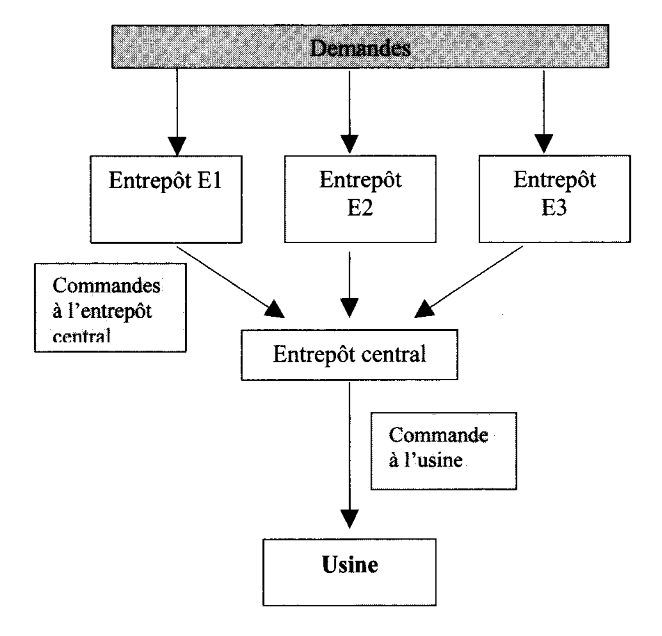


Figure 5.64. *Le principe DRP*

5.6. Conclusion

Dans ce chapitre, les méthodes suivantes sont présentées :

– la méthode avec niveau de recomplètement qui consiste à réapprovisionner à dates fixes des quantités variables ;

– la méthode à point de commande appelée également méthode à seuil d'alerte qui consiste à réapprovisionner des quantités fixes à dates variables à partir de l'instant où un niveau de stock minimum appelé seuil de commande est atteint ;

– la méthode de calcul des besoins MRP *manufacturing resource planning*[9] ;

– la méthode DRP (*distribution requirements planning*) pour faire la liaison entre la distribution physique et la planification de production.

D'autres méthodes d'approvisionnement sont utilisées dans les entreprises et correspondent souvent à des combinaisons des méthodes évoquées précédemment. Il s'agit par exemple de la méthode « quantité variable et périodicité variable » et de la méthode « quantité fixe et périodicité fixe ». Le choix d'une méthode peut être fonction de paramètres diversifiés comme les fluctuations ou la stabilité des consommations, l'activité de l'entreprise, les variations du coût des matières premières, etc.

Toute personne responsable des approvisionnements dans une entreprise doit connaître le principe de fonctionnement de ces méthodes. De cette manière, elle est capable d'optimiser le système de gestion informatisé des approvisionnements et des stocks en fixant par exemple des niveaux de seuil d'alerte corrects ou en adaptant les méthodes de réapprovisionnement par rapport aux classes ABC.

On peut considérer que la méthode MRP a fait franchir un pas considérable à la GPAO en mettant à la disposition des entreprises un outil d'aide à la décision en

9. En ce qui concerne la méthode MRP, les exemples présentés mettent en évidence qu'un calcul aussi complexe que le MRP est difficile à réaliser manuellement. Avant l'introduction dans les entreprises des systèmes GPAO, les stocks étaient gérés par un système à point de commande. La seule solution de gestion de production consistait à maintenir les stocks d'en-cours correspondants aux principaux niveaux de nomenclatures, l'inconvénient de l'ancien système de gestion manuelle était de générer des stocks importants. Aujourd'hui, l'utilisation du système MRP permet donc, théoriquement, de supprimer les stocks. Dans la pratique, il subsiste quand même des en-cours lorsqu'on lance en fabrication des quantités à réaliser, si l'unité de production est surchargée, si certains postes de charge représentent des goulots d'étranglement. L'intérêt de la méthode est de pouvoir simuler le plan de charge de l'unité de production, de pouvoir réduire les en-cours, de vérifier si un délai client peut être respecté et de disposer d'une possibilité d'aide à la décision. Une des limites de la méthode réside dans la complexité du calcul. Les limites les plus importantes tiennent au degré de précision avec lequel sont connues les données de base du système GPAO, c'est-à-dire les informations relatives aux nomenclatures, aux gammes, à l'estimation des délais d'obtention des différents articles ou matières premières. Le plan de production calculé est tributaire des nomenclatures, qui doivent être précises, des gammes, qui doivent elles aussi être les plus précises possibles de manière à faire apparaître des temps opératoires ou alloués cohérents, de l'estimation des délais d'approvisionnement (matières premières ou articles).

matière de politique commerciale, en réduisant les stocks et les en-cours. Notons que la plupart des logiciels permettent de lancer des suggestions d'achats ou d'ordres de fabrication, ce qui permet de simuler l'avancement des tâches.

Quant à la méthode DRP, dont le principe est similaire à la méthode MRP, elle consiste à recueillir les informations en provenance des demandes de chaque entrepôt local et à faire remonter ces informations au niveau de l'entrepôt central puis des usines.

Notons également que la technologie Internet et l'EDI a permis de développer certaines méthodes comme la GPA ou gestion partagée des approvisionnements qui consiste à calculer les besoins à partir des informations de stocks et ventes en provenance du distributeur.

Chapitre 6

Le stock de sécurité

6.1. Méthodologie de calcul du stock de sécurité

6.1.1. *Première méthode de calcul du stock de sécurité (basée sur les différentiels delta)*

La méthode est basée sur les variations ou différentiels de consommation et de délai [HEU 83]. Le niveau du stock de sécurité dépend de deux variables : les variations du délai fournisseur D et les variations des consommations Q durant les périodes. La valeur du stock de sécurité est fixée en prenant en compte les variations au niveau du délai durant la période entre commande et livraison, et en considérant également les variations de consommation. En effet, le délai fournisseur n'est pas toujours respecté, il peut dépasser D, il en est de même pour la consommation qui se trouve soumise à des aléas et peut dépasser les prévisions.

Nous appellerons D le délai fournisseur et Q la consommation par unité de temps :

- la variation au niveau du délai est ΔD ;
- la variation au niveau de la consommation est ΔQ ;
- le SS est fonction de ΔD et ΔQ.

6.1.1.1. *Le cas de la gestion périodique*

En avenir certain, la demande est sans aléa, le délai d'approvisionnement D est fixe et la consommation Q est variable durant la période de révision T. La valeur du niveau de réapprovisionnement est donnée par la formule $NdR = Q\ (D + T)$ où Q représente la consommation par unité de temps.

En avenir incertain, la demande Q subit des aléas, le délai D peut varier ainsi que la consommation durant la période de révision T qui reste fixe[1].

La valeur du niveau de réapprovisionnement peut s'exprimer en fonction des variations de la consommation et des délais par la formule suivante :

$$NdR = (Q + \Delta Q)(T + D + \Delta D) \qquad [6.1]$$

ΔQ = variation de consommation par unité de temps
ΔD = variation du délai d'approvisionnement

Si l'on développe la formule, on obtient :

$$NdR = (Q + \Delta Q)(T + D + \Delta D)$$
$$= QT + QD + Q.\Delta D + T.\Delta Q + D.\Delta Q + \Delta Q.\Delta D$$

Les termes ΔD et ΔQ sont choisis en fonction du taux de service souhaité ou du coût de rupture acceptable (voir le calcul de l'écart-type pour Q).

Le terme $\Delta Q\ \Delta D$. est un terme de second ordre que l'on ne prend pas en compte dans les calculs car le produit est faible.

Le stock de sécurité a pour valeur :

$$SS = Q.\Delta D + T.\Delta Q + D.\Delta Q \qquad [6.2]$$

6.1.1.2. *Le cas de la gestion sur seuil*

En avenir certain, le seuil se calcule par la formule suivante :

$$\text{Seuil } S = Q \times D$$

En avenir incertain, il faut tenir compte des aléas de consommation et des aléas au niveau du délai.

Le seuil ou point de commande est égal à la somme de la demande moyenne pendant le délai d'approvisionnement D + le stock de sécurité.

La formule du seuil peut s'exprimer en fonction des variations de la consommation et des délais par la formule suivante :

1. Rappelons la formule du niveau de réapprovisionnement : $NdR = A(1 + a) + SS$ où A représente la consommation moyenne durant la période de révision (voir chapitre 5).

$$\text{Seuil } S = (Q + \Delta Q)(D + \Delta D) = Q.D. + Q.\Delta D + D.\Delta Q + \Delta Q\,\Delta D \quad [6.3]$$

Les termes ΔD et ΔQ sont choisis en fonction du taux de service souhaité ou du coût de rupture acceptable (voir le calcul de l'écart-type pour Q). Le terme ΔQ ΔD est un terme de second ordre que l'on ne prend pas en compte dans les calculs.

Le stock de sécurité a pour valeur :

$$SS = Q.\Delta D + D.\Delta Q \quad [6.4]$$

Nous allons voir dans le paragraphe suivant que les variations de consommation se traduisent par la valeur de l'écart-type des consommations sur la période d'approvisionnement. On retrouve cette valeur d'écart-type dans la formule de calcul du stock de sécurité.

6.1.1.3. *Explication à partir des schémas pour la gestion à seuil de commande.*

Le stock de sécurité pour une gestion à seuil est fonction :

– du délai D et de la variation ΔD du délai.

– de la quantité Q consommée durant ce délai et la variation ΔQ de cette quantité pendant le délai d'approvisionnement

1. Premier cas : augmentation du délai

On constate sur la figure 6.1 qu'un allongement du délai génère une rupture. La stabilité du délai fournisseur est importante pour éviter tout dysfonctionnement, par exemple un arrêt de production.

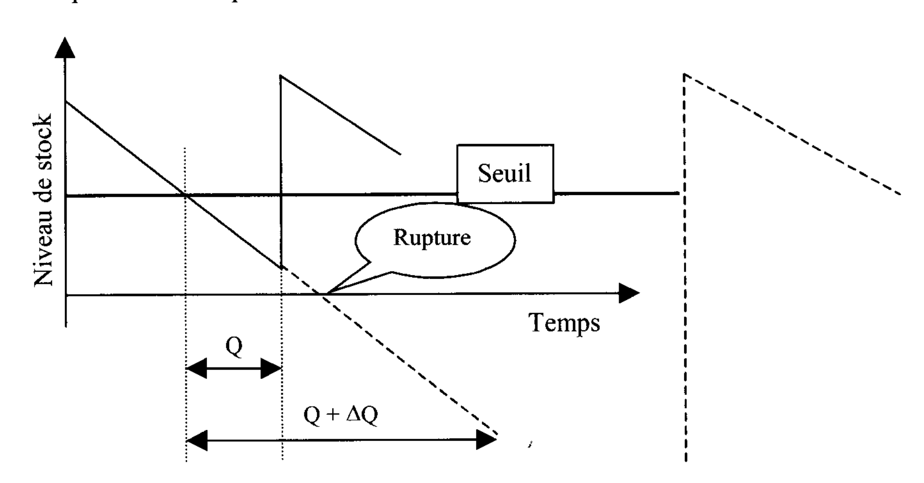


Figure 6.1. *Cas de l'allongement du délai*

2. Deuxième cas : surconsommation pendant le délai

On constate sur la figure 6.2 qu'une surconsommation peut générer également une rupture. La stabilité de la consommation pendant le délai permet d'éviter là aussi des dysfonctionnements chez le client.

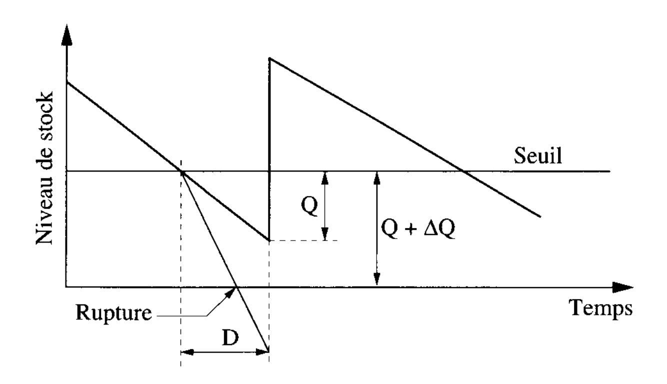


Figure 6.2. *Cas d'une surconsommation pendant le délai*

6.1.2. *Deuxième méthode de calcul du stock de sécurité (basée sur l'utilisation des statistiques)*

La méthode fait appel aux statistiques et probabilités (règles relatives aux calculs de moyennes et de variances) et prend en compte le taux de rupture admissible, ce qui signifie que chaque entreprise aura à ce sujet une attitude propre en fonction des articles gérés.

Les variations de consommation et de délai seront définis en nombre d'écarts-types σ par rapport à la valeur moyenne.

La formule de calcul du stock de sécurité S.S. couramment utilisée est la suivante :

$$SS = k.\sigma.\sqrt{D} \quad [6.5]$$

où :

– k est le coefficient de rupture de stock, la valeur de k détermine le risque accepté par l'entreprise ;

– σ (sigma) correspond à la valeur de l'écart-type calculé à partir des données de l'historique des consommations ;

– D correspond au délai d'approvisionnement qui doit être exprimé dans la même unité que celle employée pour l'unité de périodicité des sorties, si l'écart-type des consommations sur une période donnée a été calculé à partir de données mensuelles, l'unité de délai doit être exprimée en mois.

REMARQUE.– *Pour le coefficient k.* Le tableau suivant indique les correspondances entre les valeurs du coefficient k et les valeurs du risque de rupture, plus la valeur de k est élevée, plus le risque diminue.

Risque[2]	16 %	5 %	2,5 %	1 %	0,5 %
k	1	1,65	1,95	2,35	2,58

Figure 6.3. *Correspondances entre valeur k et risque de rupture de stock*

REMARQUE.– *Pour le délai D* :

– lorsqu'il s'agit d'une gestion à seuil, D correspond au délai d'obtention ;

– lorsqu'il s'agit d'une gestion à recomplètement périodique, D correspond à la somme de la période de révision et du délai d'obtention.

Pour déterminer la valeur du stock de sécurité, plusieurs variables entrent en considération ([BEA 85], voir le calcul de probabilité de rupture de stock) :

– les coûts de rupture et la probabilité de rupture de stock PRS ;

– les coûts de détention ;

– le taux de service.

Plus on veut minimiser le risque de rupture de stock, plus il faut choisir un coefficient de rupture élevé, les coûts de détention augmentent et le taux de service est amélioré.

La valeur de l'écart-type se calcule à partir de l'historique en se basant sur des périodicités équivalentes. Les durées des historiques peuvent être variables. Pour certains articles ne subissant pas de fluctuations trop importantes, les consommations sur une ou deux années permettent d'obtenir une valeur moyenne et l'écart-type correspondant. Pour des articles faisant l'objet de mouvements plus significatifs, les calculs sont réalisés sur des périodes plus courtes.

Dans la pratique, la détermination du stock de sécurité est fonction d'un taux de service parfaitement défini. Le stock de sécurité ne doit pas être pris au hasard, il

2. Les valeurs du risque de rupture sont issues de la loi de Gauss.

doit résulter d'une évaluation statistique basée sur les variations des consommations durant les périodes précédentes.

6.2. Exemple introductif pour une gestion à seuil de commande

Soit un stock de sécurité à calculer à partir des données suivantes :

– l'écart-type σ des consommations mensuelles sur un an est de 50 articles ;

– le délai d'approvisionnement est de 2 semaines ;

– le risque accepté par l'entreprise pour cet article est de 1 %.

Le délai D a pour valeur 2 semaines, ce qui correspond à 0,5 mois, D devant être exprimé dans la même unité que celle employée pour l'unité de périodicité des sorties. Le risque accepté est de 1 %, ce qui correspond à une valeur de coefficient de rupture de 2,35. Le stock de sécurité a donc pour valeur :

$$SS = k.\sigma.\sqrt{D} = 2{,}35 \times 50 \times \sqrt{0.5} = 83 \text{ articles}$$

6.3. Relation entre coefficient de rupture de stock et probabilité de rupture de stock

Il est essentiel en gestion des stocks de savoir traduire un objectif en un autre, par exemple, le coefficient de rupture en probabilité de rupture. Si un manque de pièces apparaît entre deux approvisionnements, cela peut signifier que toutes les demandes n'ont pas été satisfaites, le taux de service est donc inférieur à 1 ou 100 %.

Aucune rupture signifie que le taux de service est égal à 100 %. Ce taux reflète la qualité des respects des délais. Il existe une relation permanente entre le coefficient de rupture de stock, le risque de rupture et le taux de service rendu.

Chaque fonction de l'entreprise donnera la priorité à l'un de ces trois critères :

– pour le financier, le stock correspond à des valeurs immobilisées, la priorité est donnée au stock zéro en partant du principe que tout stock engendre un coût qui doit être minimisé ;

– l'un des objectifs du commercial est de satisfaire le client en termes de délai, la présence de stock de produits finis lui permet de répondre favorablement au client ;

– le responsable de production souhaite un certain niveau de stock pour faire face aux aléas et éviter les arrêts de production, la priorité est donnée au risque de rupture ;

– pour le gestionnaire de stock, il s'agit de définir les catégories d'articles et de leur attribuer une classe et un type de gestion en fonction de plusieurs critères

comme le délai d'approvisionnement, le coût, les quantités consommées, le risque de rupture et le taux de service.

Le tableau suivant (figure 6.4) donne les correspondances entre le coefficient de rupture de stock et la probabilité de rupture de stock.

N° ligne	Coefficient de rupture de stock k	Probabilité de rupture de stock	PRS en %
1	0	0,50	50 %
2	0,5	0,30	30 %
3	1	0,16	16 %
4	1,5	0,07	7 %
5	2	0,0228	2,28 %
6	2,5	0,007	0,7 %
7	3	0,0014	0,14 %
8	3,5	0,0003	0,03 %
9	4	0,0000	0 %

Figure 6.4. *Correspondances entre coefficient de rupture de stock et probabilité de rupture de stock*

Les valeurs du tableau (figure 6.4) sont représentées sous forme graphique (figure 6.5).

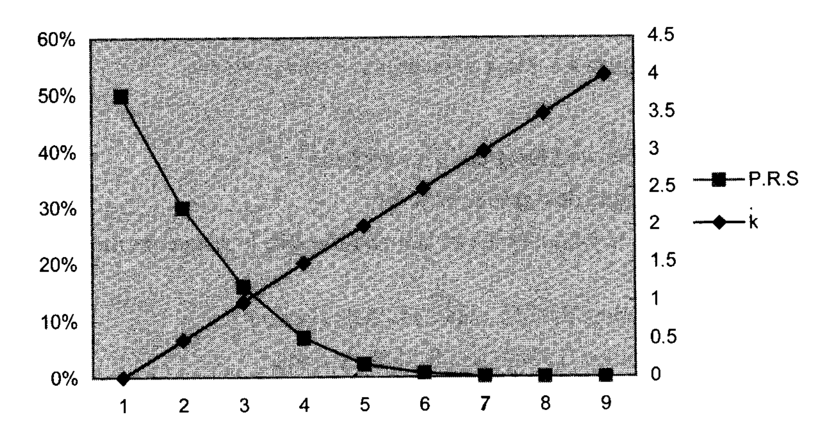


Figure 6.5. *Probabilité de rupture en fonction de k*

D'après la loi normale réduite (loi de Gauss), il y a une chance sur deux d'être en rupture de stock si l'on fixe un niveau égal à la valeur moyenne seule (pas de stock de sécurité). Plus le coefficient k augmente, plus le risque diminue. Il s'agit bien sûr pour le gestionnaire de stock de trouver un compromis pour chaque catégorie d'articles gérée. Trop de stock augmente les coûts de détention, trop peu de stock entraîne le risque de pénurie.

Nous avons vu dans le paragraphe précédent que le risque diminuait lorsque la valeur du coefficient k augmentait. La relation existante entre le stock de sécurité et le risque de rupture peut s'illustrer à partir de la représentation de la loi de Gauss (figure 6.6). On constate en effet que le niveau du stock de sécurité est fonction de la valeur du coefficient k.

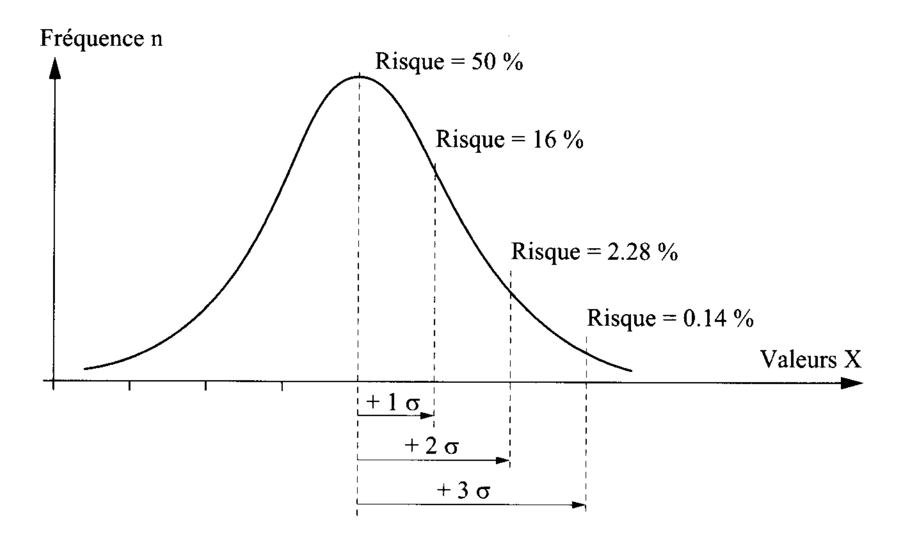


Figure 6.6. *Stock de sécurité et risque de rupture*

Les résultats suivants sont issus de la loi normale[3] :

– pour k = 0, un risque de rupture de 50 % ;

– pour k = 1, on lit 0,84 ou 84 %, ce qui signifie que le risque de rupture s'élève à 100 % – 84 % = 16 % ;

– pour k = 2, on obtient 0,9772, soit 2,28 % de risque ;

– pour k = 3, on obtient 0,9986, soit 0,14 % de risque.

1. Voir en annexe la table de la loi normale.

6.4. Le calcul du stock de sécurité

6.4.1. *Exemple 1 : calcul de l'écart-type des consommations à partir d'un historique*

Dans une entreprise d'électronique, l'historique des consommations nous permet de dresser un tableau où sont indiquées d'une part les quantités sorties chaque jour, d'autre part, les fréquences par rapport à ces valeurs (figure 6.7). Nous nous trouvons dans le cas d'une gestion à périodicité fixée et quantité variable, le délai d'approvisionnement est de 5 jours.

Quantité de pièces sorties par jour	**Fréquence de sortie**
105	1
125	3
145	10
165	18
185	29
205	39
225	37
245	31
265	19
285	8
305	3
325	2

Figure 6.7. *Consommations journalières et fréquences*

1. Calculer la moyenne et l'écart-type des consommations.

2. Calculer la consommation journalière dans 95 % des cas.

3. Calculer le stock de sécurité pour un risque de 16 % et un délai de 5 jours.

Solution

1. Calcul de l'écart-type des consommations

Valeurs x_i	**Fréquence** n_i	**Produit** $n_i.x_i$	$x_i - \bar{x}$	$n_i.(x_i - \bar{x})^2$
105	1	105	– 110	12 100
125	3	375	– 90	24 300
145	10	1 450	– 70	49 000
165	18	2 970	– 50	45 000
185	29	5 365	– 30	26 100
205	39	7 995	– 10	3900
225	37	8 325	10	3700
245	31	7 595	30	27 900
265	19	5 035	50	47 500
285	8	2 280	70	39 200
305	3	915	90	24 300
325	2	650	110	24 200
	Somme = 200	Somme = 43 060		Somme = 327 200

Figure 6.8. *Calcul détaillé de l'écart-type*

Rappels statistiques :

– l'écart par rapport à la moyenne est : $x_i - \bar{x}$;

– la moyenne : $\bar{x} = \dfrac{\sum n_i.x_i}{\sum n_i}$.

L'écart-type se calcule à partir de la formule suivante :

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2.n_i}{\sum n_i}}$$

La valeur moyenne dans le tableau est de :

$\bar{x} = 43\ 060/200 = 215$ articles

La variance V correspond au carré de l'écart-type :

$$V = 327\ 200/200 = 1\ 636$$

L'écart-type a pour valeur $\sigma = \sqrt{V} = 40{,}4$ articles, on arrondira à 40 par la suite.

2. Calcul de la consommation journalière dans 95 % des cas

Cette valeur d'écart-type signifie que dans 95 % des cas, les consommations se situeront entre :

$$\bar{x} \pm 2 \text{ écarts-types soit } 215 \pm 80 \text{ articles}$$

Les résultats sont les suivants : x maxi = 295 articles et x mini = 135 articles

3. Calcul du SS

$$SS = 1 \times 40 \times \sqrt{5} = 90$$

6.4.2. *Exemple 2 : calcul du stock de sécurité dans le cas d'une gestion à recomplètement périodique*

On étudie une gestion des stocks à partir de la méthode à recomplètement, le NdR a été fixé à 140. Le délai d'obtention est de 1 semaine (7 jours), la durée de l'historique est égale à deux périodes de révision (la durée d'une période de révision est 2 semaines).

Les valeurs et les fréquences de sorties journalières sont indiquées sur la figure 6.9.

Valeurs des quantités sorties x_i	**Fréquence n_i**
2	5
4	2
6	5
8	3
10	5
12	2
14	5

Figure 6.9. *Valeurs et fréquences des sorties journalières*

1. Calculer la valeur de l'écart-type des consommations.

2. Calculer la valeur du stock de sécurité pour un risque de rupture accepté de 16 %.

Solution :

1. Calcul de l'écart-type des consommations (les calculs sont présentés figure 6.10)

Valeurs x_i	**Fréquence** n_i	**Produit** $n_i.x_i$	$x_i - \bar{x}$	$n_i.(x_i - \bar{x})^2$
2	5	10	– 6	180
4	2	8	– 4	32
6	5	30	– 2	20
8	3	24	0	0
10	5	50	2	20
12	2	24	4	32
14	5	70	6	180
	Somme = 27	Somme = 216		Somme = 464

Figure 6.10. *Calcul de l'écart-type*

Moyenne = 216/27 = 8, variance = 464/27 = 17,18, écart-type σ = 4,14.

Le rapport de 216/27 donne une consommation moyenne de 8 articles par jour sur deux périodes de révision.

2. Calcul du stock de sécurité pour un risque de rupture accepté de 16 %

Le calcul de l'écart-type permet de déterminer la valeur du stock de sécurité. Ainsi, pour un risque de rupture accepté de 16 %, le coefficient de rupture a pour valeur 1. Le délai D est la somme de la période de révision + le délai d'obtention.

L'application de la formule donne une valeur de stock de sécurité arrondie à 20 articles.

$$SS = k.\sigma.\sqrt{D} = 1 \times 4{,}14 \sqrt{14+7} = 18{,}97$$

soit environ 20 articles.

Si les consommations sont régulières sur les périodes suivantes (une consommation pour chaque jour de la semaine dont la durée est de 5 jours ouvrables), le NdR reste inchangé, la moyenne est de 10 sorties par période et 5 sorties durant le délai, d'où un NdR = demande moyenne pendant la durée d'une période de révision + demande moyenne pendant le délai d'obtention + stock de sécurité = (8 × 10jours) + (8 × 5jours) + 20 = 140.

6.4.3. *Exemple 3 : calcul du stock de sécurité et du niveau du seuil dans le cas d'une gestion à point de commande*

Le délai d'obtention D est égal au délai d'approvisionnement lorsque l'on utilise une gestion sur seuil. Supposons que la demande moyenne hebdomadaire soit de 250 pièces pour un écart-type égal à 30. Le délai D est égal à 2 semaines, le risque accepté a pour valeur 5 %. Calculer le stock de sécurité et la valeur du point de commande.

Solution

Le risque accepté a pour valeur 5 %, ce qui correspond à un coefficient de 1,65. Valeur du stock de sécurité :

$$SS = 1{,}65 \times 30 \sqrt{2} = 70$$

Point de commande = prévision moyenne de consommation pendant le délai d'approvisionnement + stock de sécurité

La demande moyenne pendant le délai d'approvisionnement est égale à 500 pièces, d'où un seuil d'une valeur de :

Seuil = (250 × 2 semaines) + 70 = 500 + 70 = 570 pièces.

6.4.4. *Exemple 4 : systèmes avec niveaux d'alerte*

6.4.4.1. *Le principe de l'alerte*

Des logiciels fonctionnent avec un système d'alerte. L'outil de gestion des réapprovisionnements est constitué d'un système de surveillance des ressources virtuelles (stock physique + en-cours) et des besoins prévisionnels. L'horizon est la période de réapprovisionnement (délai). Le système permet de lancer des ordres de réapprovisionnement, il tient compte quotidiennement de la réactualisation des ressources par rapport aux besoins. Dès qu'un déséquilibre est constaté entre les ressources et les besoins, l'utilisateur est informé.

Une fiche d'alerte est éditée et rappelle :
- les informations générales de l'article ;
- les informations de consommation et des stocks liées à l'article ;
- les ressources virtuelles et les besoins prévisionnels.

Il existe différents degrés d'alerte :
- alerte sur réapprovisionnement ;
- alerte sur cadencement ;
- alerte sur risque de rupture ;
- alerte sur stock nul.

L'alerte permet de détecter tous les événements contribuant à augmenter les besoins ou à diminuer les ressources.

6.4.4.2. *Application avec la méthode à seuil*

L'alerte est une méthode de gestion sur seuil qui permet de répondre à deux questions : quand réapprovisionner et combien réapprovisionner ?

Le seuil de réapprovisionnement permet de définir le « quand ? ».

Dès que le stock physique et les ordres en cours ne suffisent plus à couvrir les besoins (demande + stock de sécurité) sur la période de réapprovisionnement, un ordre est émis.

Le seuil de réapprovisionnement est calculé en appliquant la formule suivante :

Seuil = [(consommation moyenne sur la période × coefficient saisonnier) × délai d'approvisionnement/nombre de jours ouvrés du mois] + stock de sécurité [6.6]

Le délai est exprimé en jours ouvrés et comprend le délai administratif de traitement de la commande fournisseur, le délai fournisseur et le délai de contrôle. Le seuil est variable puisque calculé sur des données prévisionnelles régulièrement mises à jour.

6.4.4.3. *Constitution des besoins par rapport aux ressources*

Les besoins sont composés :
- du stock de sécurité ;
- de la quantité du besoin sur l'horizon (période de réapprovisionnement de l'alerte).

Les ressources sont composées :

– du stock physique (stocks connus dans l'usine) ;

– des en-cours (fabrication, commande, réception).

Les besoins nets sont le résultat de la soustraction ressources – besoins, lorsque le résultat est négatif, le système de gestion déclenche une alerte. Pour qu'un tel outil fonctionne, il est nécessaire de renseigner correctement et en temps réel le système de gestion, notamment tout ce qui concerne les paramétrages.

6.4.4.4. *Le calcul du stock de sécurité*

Le seuil de réapprovisionnement prend en compte le niveau du stock de sécurité.

La gestion du stock de sécurité est paramétrée en fonction de :

– la période de référence ;

– le nombre de jours de sécurité.

La période de référence peut prendre en compte les trois, six ou douze derniers mois de consommation. Avant de décider de la valeur de la période, il est indispensable de répondre aux questions suivantes :

– l'article est-il en fin ou début de vie, est-il dans sa période de croissance, de maturité, etc. ?

– quelle est la tendance de consommation de l'article ?

– les consommations sont-elles aléatoires ?

Le nombre de jours de sécurité est défini en nombre de jours ouvrés et prend en compte les aléas fournisseurs et les aléas de consommation.

Le stock de sécurité permet de se protéger des aléas de consommation, une formule simplifiée est souvent utilisée pour le calcul de SS :

$$SS = k. \sqrt{D} .(C \text{ maximum} - C \text{ minimum})/6 \qquad [6.7]$$

où :

– (C maximum – C minimum) correspond à l'écart de consommation maximum soit environ 6 écarts-types. La formule permet de calculer l'écart-type des consommations de manière simplifiée avec une précision suffisante ;

– D est le délai d'approvisionnement ;

– k est le paramètre lié au niveau de service désiré (voir figure 6.11), en pratique ce paramètre est ajusté en fonction de la couverture de risque accepté. Il convient

d'être prudent avec les articles faisant l'objet de nombreuses réceptions. (le risque de ruptures est plus grand et l'occurrence d'utilisation du stock de sécurité est plus importante).

k	**Taux de service en %**	**k**	**Taux de service en %**	**k**	**Taux de service en %**	**k**	**Taux de service en %**
0,0	50,00	1,0	84,13	2,0	97,72	3,0	99,865
0,1	53,98	1,1	86,43	2,1	98,21	3,1	99,903
0,2	57,93	1,2	88,49	2,2	98,61	3,2	99,931
0,3	61,79	1,3	90,32	2,3	98,93	3,3	99,952
0,4	65,54	1,4	91,92	2,4	99,18	3,4	99,966
0,5	69,15	1,5	93,32	2,5	99,38	3,5	99,977
0,6	72,57	1,6	94,52	2,6	99,53	3,6	99,984
0,7	75,80	1,7	95,54	2,7	99,65	3,7	99,989
0,8	78,81	1,8	96,41	2,8	99,74	3,8	99,993
0,9	81,59	1,9	97,13	2,9	99,81	3,9	99,997

Figure 6.11. *Relation taux de service et loi de Gauss*

6.4.4.5. *Les balises d'alarme*

Certains systèmes de gestion utilisent des balises d'alarme réapprovisionnement (BAR) qui correspondent à une aide à la décision et à la prévision pour les gestionnaires. La balise d'alarme réapprovisionnement est par exemple fixée à 60 % du stock de sécurité, différents cas peuvent se présenter (voir figure 6.12) :

– si au terme du délai le stock de sécurité résiduel est supérieur à la valeur de la balise d'alarme réapprovisionnement, le système considère que le risque de rupture est nul et l'ordre d'achat est généré automatiquement ;

– si au terme du délai, le stock de sécurité résiduel est compris entre zéro et la valeur de la balise d'alarme réapprovisionnement, le système interdit la génération d'un ordre d'achat et avertit le gestionnaire du risque de rupture ;

– si le stock de sécurité résiduel au terme du délai est inférieur à zéro, il y a rupture potentielle. Après enquête pour connaître les raisons de cette rupture potentielle, le gestionnaire doit négocier avec le fournisseur un avancement de la date de livraison afin d'éviter la rupture.

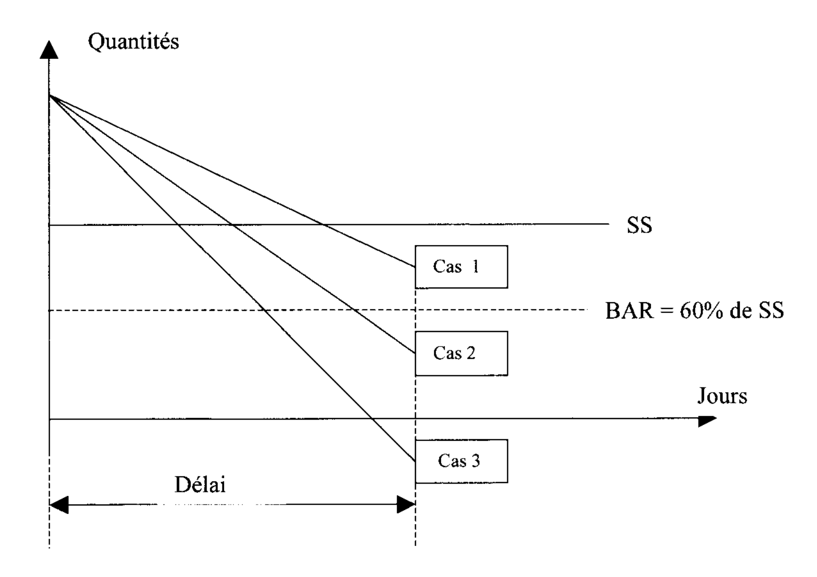


Figure 6.12. *Schéma des trois cas possibles*

6.5. Conclusion

Le stock de sécurité $SS = k.\sigma.\sqrt{D}$ est parfois indispensable pour éviter des ruptures de stock. Il est fonction d'un coefficient de rupture de stock k, du délai d'approvisionnement D et de l'écart-type σ des consommations. Le niveau du stock de sécurité est également fonction du taux de service souhaité, l'utilisation de l'outil statistique est très utile pour le calculer. On peut le déterminer si l'on dispose d'un historique des sorties sur une période passée, ce qui permet de calculer l'écart-type et la moyenne des consommations. Ces données peuvent ensuite être utilisées pour définir le stock de sécurité à mettre en place en fonction d'un risque de rupture accepté par le gestionnaire des stocks et en prenant en compte les éventuels coefficients saisonniers.

Notons que la valeur du stock de sécurité est souvent donnée en nombre de jours de consommation. Ainsi, un client peut imposer par exemple un stock de sécurité de 3 à 5 jours à son fournisseur pour certains articles. L'entreprise doit ensuite faire la conversion en calculant le nombre d'articles à détenir en stock de manière à répondre correctement à la demande du client. Ce cas se présente fréquemment chez les constructeurs automobiles qui imposent aux fournisseurs des niveaux de stock de sécurité à respecter pour certains composants ou matières premières.

Chapitre 7

Le processus d'achat-approvisionnement

7.1. Le contenu de la norme ISO 9000 version 2000

En ce qui concerne la norme ISO 9000 version 2000, on trouve dans le paragraphe relatif aux achats, les indications suivantes :

– l'organisme doit évoluer et sélectionner les fournisseurs en fonction de leur aptitude à fournir un produit conforme aux exigences de l'organisme ;

– l'organisme doit assurer que le produit acheté est conforme aux exigences d'achat spécifiées ;

– les informations relatives aux achats doivent décrire le produit à acheter, y compris, les exigences pour l'approbation du produit ;

– l'organisme doit établir et mettre en œuvre le contrôle ou autres activités nécessaires pour assurer que le produit acheté satisfait aux exigences d'achats spécifiées.

Le contenu de la norme oblige l'entreprise à mettre en place des procédures qualité. Dans le cas des approvisionnements, l'entreprise doit appliquer des règles permettant au service approvisionnement d'assurer sa mission.

7.2. La gestion des approvisionnements

La mission du service approvisionnement peut se résumer de la manière suivante : il s'agit de rendre disponible le bon produit au bon endroit, au bon moment, au coût global optimum, en fournissant le niveau d'information attendu.

L'objectif est de satisfaire l'ensemble des acteurs de la chaîne logistique globale, le service approvisionnement correspond à l'un des maillons de cette chaîne. On vise la satisfaction du client, qu'il soit interne ou externe.

7.2.1. *La satisfaction du client interne et externe*

Dans toute entreprise, chaque fonction est à la fois cliente et fournisseur d'une autre fonction. On distingue d'une part le client interne, par exemple le service administration des ventes qui a pour fournisseur le service approvisionnement, d'autre part le client externe ou client final, celui qui achète le produit conforme à ses attentes en termes de prix, de délai et de qualité. Si ces critères ne sont pas remplis, il y a risque de perdre ce client final.

La contractualisation permet d'identifier les engagements de chacune des parties en interne et en externe. Dès qu'une offre est exprimée et acceptée sans réserve, le contrat est formé (offre + acceptation = achat).

7.2.2. *Les attentes du client*

7.2.2.1. *Le client interne*

Le service approvisionnements doit respecter ses engagements vis-à-vis de ses clients internes. Parmi les principaux critères entre service approvisionnement et client interne, on peut citer :

– la fiabilité du délai d'approvisionnement ;

– la disponibilité des produits ;

– l'optimisation des coûts d'approvisionnement ;

– la qualité de la communication entre fournisseur et client interne ;

– les coûts des produits : les coûts de commande et les coûts de détention doivent être optimums, les points suivants peuvent être pris en charge par le fournisseur dans le cadre d'une relation de partenariat :

- suivi d'un tableau de bord,
- auto-contrôle (exemple : analyse des anomalies, actions correctives),
- démarche d'amélioration continue,
- mise en place d'un plan d'assurance qualité ;

– l'optimisation du transport en termes de qualité de la prestation, de la traçabilité des envois et du respect des délais de livraison ;

– le contrôle des fournisseurs, y compris la sous-traitance ;

– la possibilité de fournir une solution de remplacement en cas d'anomalie impactant le respect de ses engagements ;

– le respect des budgets : optimisation des moyens fournis par l'entreprise, ce respect implique la mise en place d'un outil de suivi et la recherche permanente d'accroissement de la productivité, un tableau de bord doit permettre un suivi rigoureux de l'aspect économique du management d'un service approvisionnement (suivi de toutes les dépenses du service).

7.2.2.2. *Le client externe*

Comme pour le client interne, le service approvisionnement doit respecter ses engagements au niveau du client externe qui demande à l'entreprise de respecter et de réaliser le contrat.

Ses attentes sont les suivantes :

– la disponibilité du produit ;

– la réactivité en terme de délai ;

– une performance croissante au niveau des produits et services ;

– une fiabilité des produits et des services ;

– des prix de plus en plus compétitifs ;

– de la considération ;

7.2.3. *Le facteur communication dans le processus d'approvisionnement*

En interne, on applique ce qui est écrit sur les procédures qualité (exemple : instructions de travail). En ce qui concerne la communication vers le fournisseur, le cahier des charges qui lui a été remis doit être respecté, le besoin doit être clairement précisé dans ce document.

Pour ce qui est de la communication avec les clients externes, il faut noter que le service approvisionnement n'est pas en contact direct avec les clients de l'entreprise, il est néanmoins responsable de l'information relative à l'état d'avancement de la livraison du client. Notons, que lors d'un audit client, le service approvisionnement se situe côté fournisseur, il se doit de connaître les attentes du client.

En résumé, la communication doit être considérée sous plusieurs angles :

– vers les personnels du service approvisionnement ;

– vers les fournisseurs ;

– vers les clients.

Les moyens pour communiquer sont par exemple :
- les tableaux de bord ;
- le suivi des indices de satisfaction des clients ;
- les suivi des taux de service des fournisseurs ;
- le suivi des actions correctives.

7.3. Le processus d'approvisionnement

7.3.1. *L'identification des sources d'approvisionnement*

Le choix d'un composant ou d'un fournisseur doit se faire le plus tôt possible, en amont du cycle de vie d'un produit (voir figure 7.1). Plus ce choix est effectué tôt, plus le gain sur le coût global d'acquisition d'un composant est important. Le choix d'un composant a lieu sur le marché, lieu de rencontre[1] où les offres des vendeurs sont confrontées aux demandes des acheteurs, les deux parties vont négocier et s'accorder sur le produit et le prix.

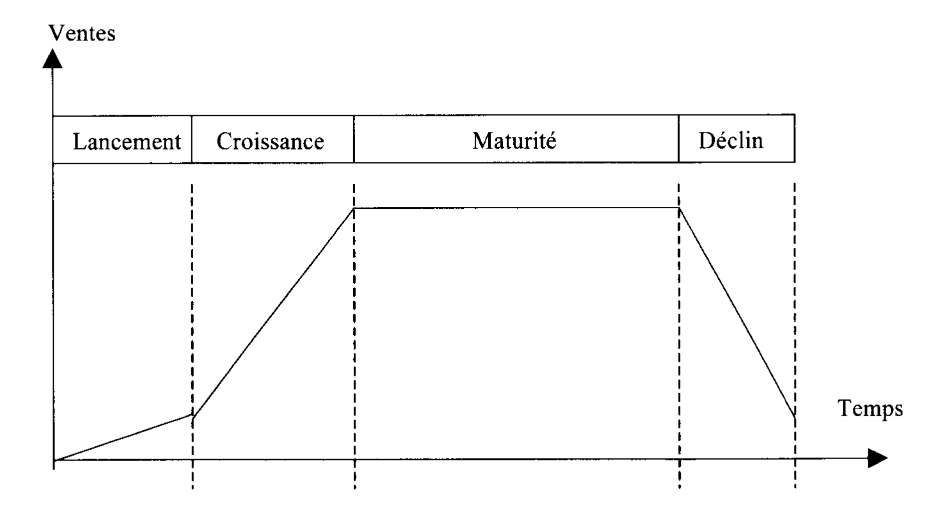


Figure 7.1. *Courbe de cycle de vie d'un produit*

1. L'*e-procurement* concerne la gestion des achats en ligne, ce qui correspond à l'automatisation et la formalisation de la gestion des achats et des approvisionnements d'une entreprise par le biais d'Internet. L'*e-procurement* se fait souvent *via* les places de marchés, c'est-à-dire les sites portails exclusivement réservés au commerce interentreprises et dont l'objectif est de faciliter la mise en relation entre acheteurs et vendeurs.

Les types de marché sont différents et fonction du nombre d'acheteurs et du nombre de vendeurs mis en relation. Le tableau 7.2 illustre les différents cas rencontrés.

Offre Demande	**Un vendeur**	**Quelques vendeurs**	**De nombreux vendeurs**
Un acheteur	Monopole bilatéral	Monopsone contrarié	Monopsone
Quelques acheteurs	Monopole contrarié	Oligopole bilatéral	Oligopsone
De nombreux acheteurs	Monopole	Oligopole	Concurrence

Figure 7.2. *Les différents types de marchés*

Pour une meilleure efficacité, des entreprises se regroupent en réseau de manière à échanger des informations sur tel ou tel fournisseur. La presse, les salons spécialisés, les conférences permettent d'identifier des fournisseurs potentiels, de pratiquer la veille technologique. Certains cabinets sont spécialisés dans le *sourcing*, c'est-à-dire dans l'identification de sources d'approvisionnement. Ils peuvent intervenir dans l'élaboration du cahier des charges si le client le souhaite, ils peuvent être rémunérés sur les économies générées suite à leur prestation.

7.3.2. *Les différents types de fournisseurs*

On peut considérer qu'il existe deux types de fournisseurs :

– le fournisseur ponctuel, lequel va faire l'objet d'un contrôle approfondi des produits lors de la réception avant mise à disposition aux services demandeurs ;

– le fournisseur qui va faire l'objet de relations suivies, on va procéder dans ce cas à une homologation de ses produits et à l'homologation du fournisseur lui-même.

L'homologation des produits achetés consiste à vérifier que le cahier des charges est bien respecté.

L'homologation d'un fournisseur consiste à étudier ses capacités en termes d'équipement de production, sur le plan de la qualité et du développement, son aptitude à répondre rapidement à une commande urgente ou exceptionnelle, la formation de ses employés, sa santé financière. Si les conditions sont réunies, le fournisseur est homologué.

De plus en plus, les fournisseurs sont chargés d'effectuer certains contrôles qualité avant de les expédier chez le client, ce qui évite le contrôle à la réception.

7.3.3. *La sélection des fournisseurs*

La sélection d'un fournisseur peut s'effectuer de la manière suivante :

– politique d'achat et segmentation d'achat (différenciation en fonction du type de fournisseur) ;

– choix des critères de sélection (prise en compte de critères éliminatoires) ;

– homologation du fournisseur (cotation du fournisseur à partir d'une grille multicritère, appel d'offres ou commande d'essai, suivi du fournisseur) ;

– qualification du fournisseur ;

– évaluation du fournisseur (à intervalle régulier).

Chaque item est détaillé dans les paragraphes suivants.

7.3.3.1. *Politique d'achat et segmentation*

Il est nécessaire de prendre en compte la stratégie d'achat en fonction de la typologie des biens ou des services achetés.

Plusieurs facteurs sont à prendre en considération :

– le chiffre d'affaires achat en prenant en compte l'importance économique des montants achetés : des analyses ABC (voir figure 7.3) sont déterminées en fonction du chiffre d'affaires fournisseurs et vont permettre de définir des classes de références auxquelles vont correspondre des objectifs adaptés (plus les montants achetés sont conséquents, plus on doit étudier les possibilités d'économie potentielle, c'est le cas de la classe A) ; il est utile de se situer par rapport au fournisseur (poids de l'entreprise cliente face au fournisseur) ;

– la spécificité des marchés fournisseurs en considérant les risques encourus (adaptation en fonction des marchés monopole, oligopole ou concurrence forte), les règles d'achat d'un produit classique et peu coûteux proposées par plusieurs fournisseurs sont différentes des règles à appliquer lorsque l'on achète un produit sophistiqué et coûteux nécessitant un niveau de qualité élevé chez un fournisseur unique ;

– les caractéristiques des technologies utilisées chez les fournisseurs (durée de vie prévisionnelle ou techniques utilisées par exemple).

En résumé, on doit se poser les questions suivantes :

– chiffre d'affaires achats : classe A ou classes B, C ?

– composants standards ou produits spécifiques ?

– marché concurrentiel ou oligopole leader unique ?

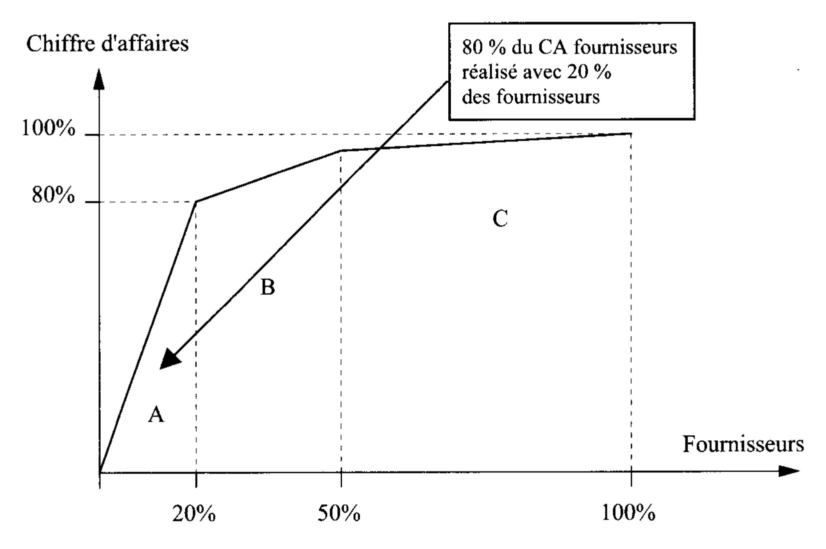


Figure 7.3. *Analyse ABC des fournisseurs*

7.3.3.2. *Choix des critères de sélection*

De nombreux critères de sélection existent, la liste suivante propose ceux que l'on rencontre habituellement :

– compétence sur le plan technique :

- connaissance par le fournisseur de l'industrie concernée,

- aptitude à donner des informations techniques,

- aptitude à former dans le cas d'achat de biens d'équipement (machines, installations) ;

– organisation et systèmes d'information :

- système de gestion informatisé interne (GPAO, ERP),

- aptitude à l'utilisation ou à l'évolution vers les techniques EDI, GPA, etc.,

- aptitude à l'utilisation des systèmes e-logistiques[2],

- utilisation de *kanban* informatisés (code-barre) ;

---

2. Voir le chapitre 12 « Concepts e-logistiques pour l'optimisation des approvisionnements et des stocks ».

- compétence en termes de recherche :
  - effectifs des équipes de recherche,
  - niveau de compétences des équipes de recherche ;
- compétence de fabrication :
  - aptitude à la flexibilité,
  - aptitude à s'adapter face à l'évolution de la demande,
  - aptitude à accepter et à réaliser de la sous-traitance,
  - qualification de la main-d'œuvre ;
- performance du matériel :
  - niveau technique des équipements,
  - capacité des équipements,
  - rendement des équipements (évaluation du taux de rendement synthétique) ;
- assurance qualité :
  - certification qualité (norme ISO),
  - niveau de qualité réalisé par rapport aux objectifs,
  - qualité des relations administratives,
  - qualité du climat social,
  - qualité du service après-vente (aptitude à dépanner rapidement dans le cas d'achat de biens d'équipement) ;
- délai :
  - longueur du délai,
  - respect des délais annoncés,
  - aptitude à livrer en juste-à-temps (éventuellement plusieurs fois par jour),
  - aptitude à répondre à des demandes durant le week-end ;
- prix et coût :
  - compétitivité au niveau des prix pratiqués,
  - conditions de règlement,
  - coûts des stocks (coût de détention, coût de passation de commande, coût des en-cours, coût d'expédition, etc.) ;
- conditions de livraison et service :
  - livraison des quantités commandées en totalité et en une seule fois,
  - capacité à stocker en cas de besoin,
  - qualité du conditionnement et aptitude à répondre à des besoins spécifiques en termes de conditionnement,

- aptitude à livrer sur un ou plusieurs sites prédéfinis,

- aptitude à livrer en synchrone (livraisons dans un ordre précis à des horaires précis et en des lieux définis : cas des livraisons sur le pas de chaîne dans l'industrie automobile) ;

– éloignement :

- situation géographique,

- prise en compte du facteur temps (exemple : délai de livraison),

- prise en compte du nombre de kilomètres entre fournisseur et entreprise ;

– réactivité :

- à livrer à court terme en fonction des besoins du client,

- à accepter les changements à court terme (modification des quantités à livrer, modification des références demandées au départ),

- à adapter les programmes de fabrication en fonction des besoins ;

– sécurité :

- santé financière (trésorerie, taux d'endettement, etc.),

- notoriété (appartenance à un groupe par exemple).

7.3.3.3. *L'homologation du fournisseur*

Tout organisme doit appliquer une méthodologie de sélection de ses fournisseurs. De plus, les entreprises doivent être capables de connaître leurs besoins futurs et pratiquer la veille technologique, le *multisourcing* peut leur permettre d'identifier les fournisseurs. Après avoir identifié des fournisseurs, il s'agit de les sélectionner à partir de critères dont certains sont éliminatoires. La sélection étant réalisée, une analyse multicritère va permettre de faire le choix du ou des fournisseurs retenus. Ensuite, une première commande d'essai va servir de test pour la suite des opérations, le fournisseur va faire l'objet d'un suivi.

Fournisseur	**Livraleure**	**Unpeutard**	**Pabon**
Santé financière	8	7	6
Assurance qualité	8	8	7
Respect des délais	9	6	4
Compétence technique	8	7	7
Prix/coût	6	6	5
Total	39	34	29
Classement	1	2	3

Figure 7.4. *Analyse multicritère des fournisseurs*

Un exemple de grille multicritère permettant le choix d'un fournisseur est présenté sur la figure 7.4. Dans certains cas, une pondération peut être définie pour chaque critère de manière à accorder plus d'importance à certains, la cotation peut s'effectuer sur une échelle de 1 à 10.

7.3.3.4. *La qualification du fournisseur*

La qualification du fournisseur s'effectue en plusieurs étapes présentées comme suit :

- réception commande : vérification des conditions et des délais de livraison ;
- contrôle réception : vérification du respect du cahier des charges ;
- contrôle en production ;
- contrôle final du produit fini.

Si les produits finis sont conformes aux normes en vigueur sur les produits, le fournisseur est qualifié par son client.

7.3.3.5. *L'évaluation du fournisseur*

Quand la source d'approvisionnement est réalisée, il est nécessaire d'évaluer la performance du fournisseur. Parmi les principaux critères retenus, on peut citer le prix, la qualité, les délais et le service.

En ce qui concerne la qualité, le fournisseur peut faire l'objet d'une cotation de la performance qualité qui peut par exemple être mesurée de la manière suivante :

$$\text{Performance qualité} = 100 - (10 \times \text{pourcentage de pièces rebutées/NQA}) \quad [7.1]$$

Dans cette formule, le terme NQA[3] représente le niveau de qualité acceptable [LAS 01]. Si le pourcentage de pièces rebutées est conforme au NQA, la

3. Le niveau de qualité acceptable NQA : un lot de qualité acceptable correspond à un pourcentage déterminé de pièces défectueuses que l'on peut tolérer et que l'on notera NQA (niveau de qualité acceptable) ou AQL aux Etats-Unis (*acceptable quality level*). Le NQA est le pourcentage d'individus non conformes par 100 unités qui ne doit pas être dépassé pour qu'une production, contrôlée sur une série de lots, puisse être considérée comme acceptable. La valeur du NQA est variable, la probabilité d'acceptation du lot dépend de cette valeur NQA Pour une probabilité d'acceptation qui varie de 88 % à 98 %, le risque fournisseur varie entre 2 % et 12 %. Des lots considérés « bons » (NQA) ou mieux auront une probabilité d'acceptation de 95 % minimum, des lots considérés « mauvais » auront une probabilité d'acceptation inférieure ou égale à 10 %. Remarque : le contrôle NQA a tendance à être abandonné dans certaines entreprises et remplacé par d'autres procédures comme l'audit fournisseur. Par exemple, dans le secteur de l'automobile, on s'assurera par exemple que le *process* du fournisseur est correct.

performance qualité est égale à 90. Si ce pourcentage rebuté a pour valeur 3 % pour un NQA de 1 %, la formule donne le résultat de $100 - (10 \times 0{,}03/0{,}01) = 70$, valeur inférieure à l'objectif de 90. Il faut impérativement que la performance soit égale ou supérieure à 90.

La performance délai peut être réalisée en mesurant le taux de service TS du fournisseur :

TS = quantité totale de produits livrés à temps/quantité commandée [7.2]

ou :

TS = quantité livrée ou reçue/quantité commandée ou attendue [7.3]

L'évaluation permet de s'assurer de la stabilité du fournisseur, elle est réalisée chaque année. Une note globale prenant en considération les facteurs (qualité, prix, délais, etc.) permet de situer le fournisseur sur une échelle d'évaluation.

7.4. Exemple de processus achat-approvisionnement dans une entreprise

Dans cette entreprise industrielle nommée X, fabriquant du matériel électromécanique, le processus d'achat se décompose en quatre étapes :

- l'homologation du fournisseur ;
- la consultation commerciale ;
- la qualification du fournisseur ;
- l'évaluation du fournisseur.

Chacune de ces étapes est ensuite détaillée pour mieux comprendre la méthodologie appliquée.

7.4.1. *L'homologation du fournisseur*

Nous avons vu que tout organisme devait appliquer une méthodologie de sélection et d'homologation de ses fournisseurs.

Le processus d'homologation est expliqué ci-après (dans le cas présent, l'homologation concerne un seul fournisseur).

Marketing d'achat :

- pour connaître son besoin pour demain ;

– pour anticiper sa position pour le marché futur (veille technologique).

Multisourcing : pour identifier des fournisseurs.

Ciblage : pour sélectionner des fournisseurs (exemple : quatre au plus) à partir de leur santé financière.

Vérification de leur capacité technique : pour faire le choix entre deux fournisseurs.

Visite de ces deux fournisseurs : pour vérifier l'organisation des fournisseurs à faire face à une demande (choix d'un fournisseur : dans un contexte en juste-à-temps, le choix final entre deux fournisseurs peut se faire sur des critères comme l'aptitude à répondre à une demande d'approvisionnement le samedi ou le dimanche).

En final, le fournisseur est homologué (illustration par la figure 7.5).

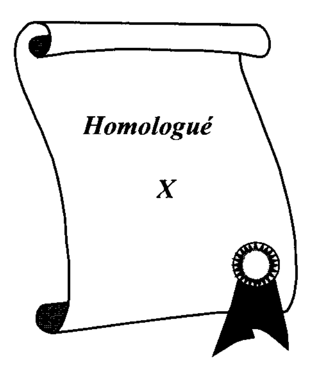


Figure 7.5. *Homologation du fournisseur*

7.4.2. *La consultation commerciale*

Elle représente l'étape préliminaire avant la qualification technique du fournisseur. Le schéma (figure 7.6) illustre la manière dont s'effectue la consultation commerciale dans l'entreprise nommée X.

Une spécification technique est envoyée au fournisseur qui l'analyse. Un accord est passé entre le client et le fournisseur pour déterminer le nombre de commandes, la quantité annuelle prévisionnelle à approvisionner et toute autre donnée utile. Ensuite, une première commande d'essai est enregistrée et servira de test pour la suite des opérations.

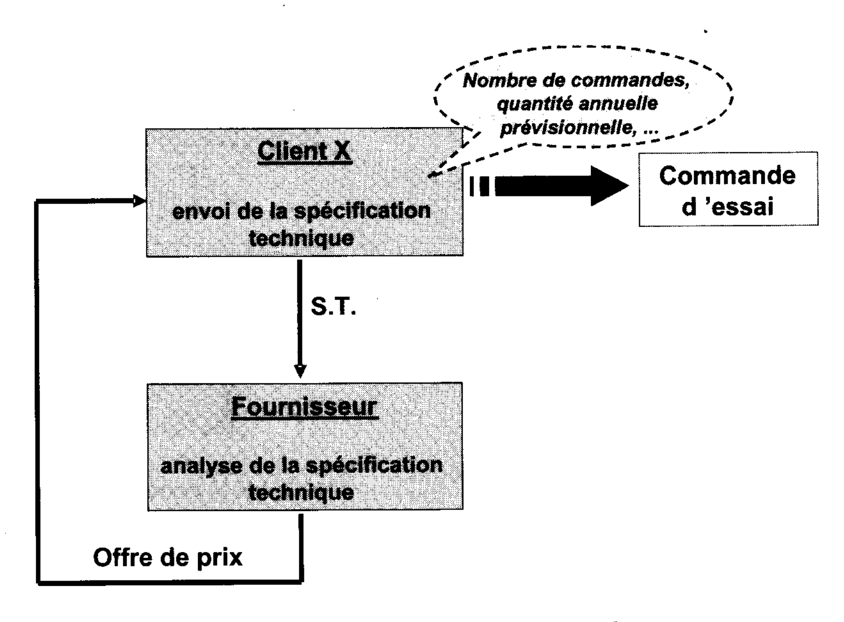


Figure 7.6. *La consultation commerciale*

7.4.3. *La qualification du fournisseur*

La qualification du fournisseur s'effectue en plusieurs étapes présentées comme suit (voir figure 7.7).

Réception commande : vérification des conditions et des délais de livraison de la matière.

Contrôle réception matière : vérification du respect de la spécification technique.

Contrôle matière en production : après la mise en œuvre, vérification de la conformité de la matière par rapport aux exigences attendues.

Produits finis (PF) : vérification de la facilité d'assemblage et de l'aspect esthétique des produits finis.

Contrôle final : contrôle des produits finis au laboratoire central.

Si les produits finis sont conformes aux normes en vigueur sur les produits, le fournisseur est qualifié par son client.

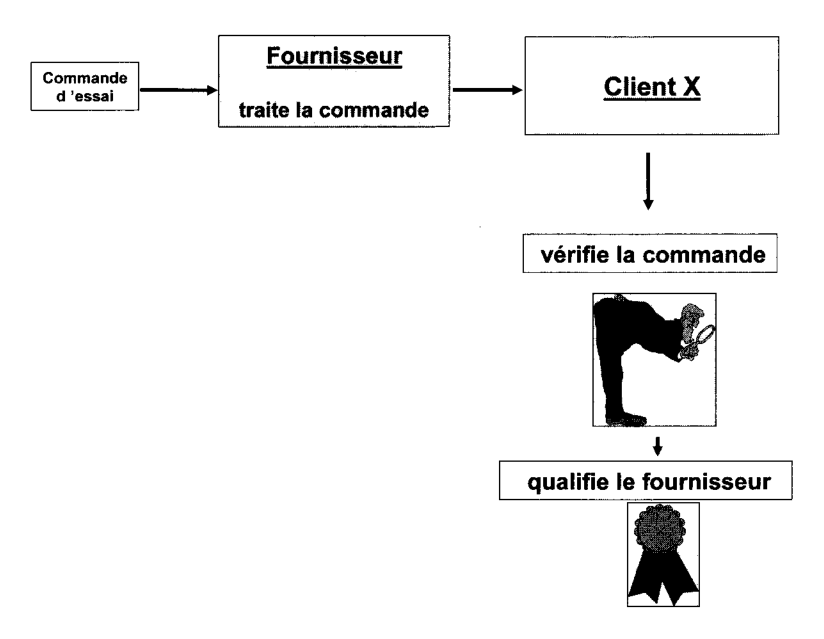


Figure 7.7. *Les différentes étapes de la qualification du fournisseur*

7.4.4. *L'évaluation du fournisseur*

Quand la source d'approvisionnement est réalisée, il est nécessaire d'évaluer la performance du fournisseur. Parmi les principaux critères retenus, on peut citer le prix, la qualité, les délais et le service. L'évaluation permettant de s'assurer de la stabilité du fournisseur est réalisée chaque année.

Dans l'entreprise considérée (nommée X), les critères d'évaluation sont les suivants :

– note > 15/20 : le fournisseur reste qualifié « x » ;

– 10/20 < note < 15/20 : l'entreprise et le fournisseur définissent un plan d'action pour résoudre les problèmes rencontrés ;

– note < 10/20 : le fournisseur est déqualifié « x ».

REMARQUE. – La démarche suivie est propre à la société x mais peut s'appliquer dans de nombreuses entreprises.

7.5. Conclusion

Le processus d'achat-approvisionnement correspond à une démarche qualité dans l'entreprise. Une telle démarche permet de vérifier si un fournisseur est capable de livrer un produit conforme et que le produit acheté correspond aux exigences d'achat spécifiées. Les systèmes d'homologation, de qualification ou d'évaluation peuvent varier en fonction des activités. Néanmoins le principe reste identique dans de nombreuses entreprises.

Chapitre 8

Le système d'approvisionnement en juste-à-temps et la méthode *kanban*

Cas de l'industrie automobile

8.1. Historique du juste-à-temps

Pour comprendre les raisons de fonctionner en juste-à-temps dans les entreprises occidentales, il faut remonter à la crise pétrolière de 1973 qui les obligea à passer du stade de production de masse au stade de production au plus juste pour réduire leurs coûts et être concurrentielles. Le juste-à-temps fut l'une des solutions adoptées ; sur le plan technique, il s'agit de produire de manière optimale, la qualité au sens zéro panne et zéro défaut étant une condition indispensable pour réussir. Le changement est profond pour le personnel des entreprises qui doit s'habituer à la rigueur pour répondre au client dans les délais [BEL 96 ; WOM 92].

Que signifie le terme juste-à-temps ? En date du 27 septembre 1988, la Commission générale de terminologie du Commissariat général de la langue française a arrêté : « Le terme juste-à-temps qui traduit *just-in-time*, désigne un mode de livraison de marchandises au moment précis de leur utilisation ou de leur vente, permettant ainsi d'éviter le stockage. » Le fonctionnement est possible à partir d'un raisonnement en flux de production.

8.2. Le fonctionnement en juste-à-temps

8.2.1. *Principe et concept du JAT*

Le juste-à-temps correspond à une méthode de travail qui consiste à fabriquer et livrer des produits finis « juste-à-temps » pour être vendus au client, à fabriquer les sous-ensembles « juste-à-temps » pour l'assemblage final, à approvisionner les matières « juste-à-temps » pour la fabrication des pièces. Le JAT, c'est obtenir le produit voulu au moment voulu dans la quantité voulue[1].

8.2.1.1. *Cas d'emploi du JAT*

C'est dans le domaine des produits répétitifs en séries (JAT entre constructeurs automobiles et équipementiers par exemple), que le principe du JAT a introduit une modification profonde des méthodes de gestion. Si la méthode MRP correspond aux flux poussés, la méthode JAT correspond aux flux tirés ou tendus. Les problèmes de stock sont abordés comme des problèmes de flux, on cherche à éliminer les stocks considérés comme un défaut dans le flux.

8.2.1.2. *Différence entre flux poussés et flux tirés*

Les flux poussés (méthode MRP) permettent de planifier les besoins en composants et poussent la production des approvisionnements vers la distribution, à l'inverse, le juste-à-temps tire la production de la distribution vers les approvisionnements (application *kanban* entre deux postes d'atelier, entre postes de travail et magasin, entre fournisseur extérieur et l'entreprise).

Les figures 8.1 et 8.2 illustrent les deux situations. L'utilisation de la méthode *kanban*[2] permet d'éviter la situation présentée sur la figure 8.1 : embouteillages de production, risque de rupture, opérations de tri à réaliser, stock et immobilisation financière. La mise en place d'une solution de type flux tirés correspond à une tension des flux en évitant la surproduction. Le taux de service est amélioré ainsi que la gestion financière, les opérations de manutention sont diminuées et les stocks sont réduits.

---

1. Si certaines pièces approvisionnées font l'objet de *kanban*, c'est parce que le fournisseur a accepté les contraintes de livraison du juste-à-temps : délai à respecter, frais de stockage à sa charge (cas d'un magasin à proximité du client). Les autres pièces sont livrées par des méthodes classiques de gestion des stocks (exemple : méthode à seuil de commande).

2. Précisons également que fonctionner en juste-à-temps ne signifie pas que l'on utilise obligatoirement des *kanban*.

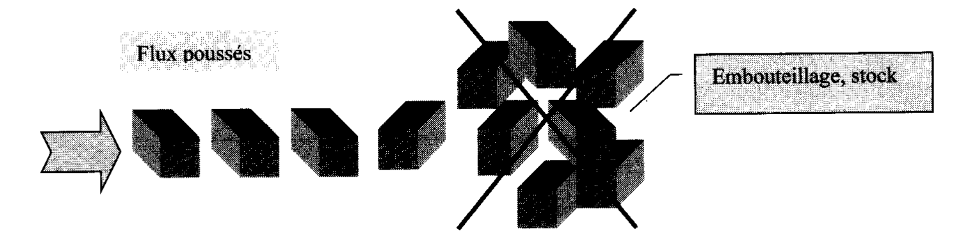


Figure 8.1. *Illustration des flux poussés*

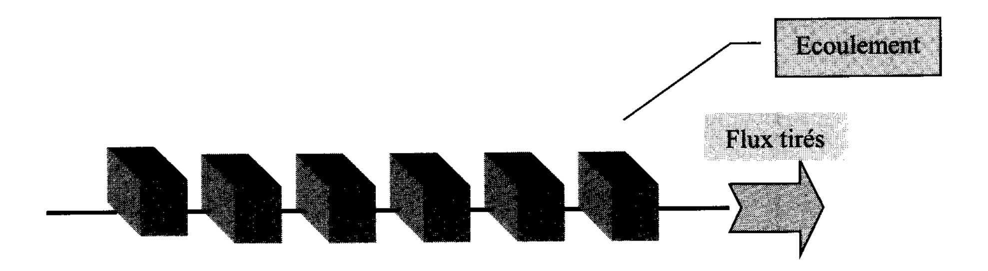


Figure 8.2. *Illustration des flux tirés*

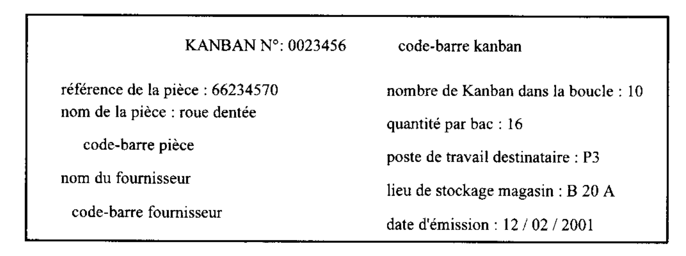
8.2.1.3. *Juste-à-temps et* kanban

En flux tirés, il convient de produire au stade amont seulement ce qui est demandé par le poste aval. Il faut mettre en place un moyen pour assurer la remontée des informations vers l'amont. La méthode la plus répandue est la méthode *kanban*. Différentes traductions sont utilisées pour traduire le terme *kanban* : enseigne, étiquette, fiche, trace écrite, ticket.

Le *kanban* est un système de communication simple[3], clair et rapide permettant le pilotage au quotidien, en temps réel de la production. Un *kanban* permet d'améliorer la gestion des stocks en limitant le nombre de pièces stockées, en indiquant ce qu'il faut fabriquer. Un *kanban* remplace les fiches suiveuses utilisées dans la production et peut correspondre à un bac d'une quantité définie sur lequel se trouve une étiquette de type code-barre pour indiquer la référence du composant. Dans certains cas, un *kanban* est un regroupement d'un nombre de bacs, l'ensemble constitue un lot à fabriquer.

3. Le *kanban* peut correspondre à deux types d'instruction : instruction de fabrication ou instruction d'approvisionnement entre le fournisseur et le client. Le fournisseur peut se situer en interne (poste de travail, magasin) ou en dehors de l'entreprise (fournisseur externe, sous-traitant).

En fonction des systèmes de gestion (GPAO) en place dans les entreprises, les *kanban* peuvent comporter un ou plusieurs codes-barres, trois exemples de *kanban* sont présentés figure 8.3.


KANBAN N°: 0023456 code-barre kanban

référence de la pièce : 66234570
nom de la pièce : roue dentée
code-barre pièce
nom du fournisseur
code-barre fournisseur

nombre de Kanban dans la boucle : 10
quantité par bac : 16
poste de travail destinataire : P3
lieu de stockage magasin : B 20 A
date d'émission : 12 / 02 / 2001

Kanban Désignation du produit
Provenance du produit : N° de poste
Code-barre
Destination du produit : N° de poste
Descriptif du produit :
Quantité par bac :

Kanban Désignation du produit
Code barre
Fournisseur : Poste 1
Client : Poste 2
Quantité par bac : 50

Figure 8.3. *Exemples de fiches* kanban[4]

Dans le cas du premier exemple de *kanban*, le numéro est utile pour la traçabilité lorsqu'il s'agit d'un fonctionnement en *kanban* entre fournisseur extérieur et client. Dès que le *kanban* livré est consommé, le numéro s'annule, un nouveau numéro est créé par le client et correspond à un ordre de réapprovisionnement à réaliser par le fournisseur. Ce type de *kanban* peut comporter plusieurs codes-barres (exemple : référence de la pièce, référence du fournisseur, code-barre du numéro d'étiquette *kanban*).

Les deux autres exemples correspondent à des *kanban* plus simples qui peuvent être utilisés entre deux postes de travail. Pour que la boucle *kanban* fonctionne entre

4. Le principe du code-barre se généralise dans les entreprises qui adaptent leurs *kanban* au système de GPAO en place.

les deux postes, il faut indiquer sur le *kanban* le numéro du poste fabricant (provenance ou fournisseur) et le numéro du poste utilisateur (destination ou client). Le nom du produit ou de la pièce ainsi que la quantité par *kanban* (c'est-à-dire par bac) sont également des informations indispensables pour que le système fonctionne correctement.

8.2.1.4. *Utilité du* kanban

Dans un fonctionnement en juste-à-temps (figure 8.4), la consommation réelle du poste aval (clients) déclenche immédiatement le remplacement de celle-ci par le secteur amont (fournisseur) (voir [SHI 83] pour comprendre l'application du *kanban* chez Toyota).

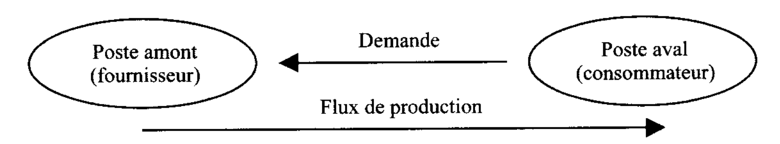


Figure 8.4. *Fonctionnement du système* kanban *entre deux postes de travail*

Dans une organisation en flux tirés, le *kanban* est une instruction de fabrication qui va permettre de remonter l'information de l'aval vers l'amont afin de déclencher le processus de fabrication, à partir du besoin client. Dans le système *kanban*, le client vient se servir dans le stock du fournisseur comme dans un supermarché. Les cartes *kanban* transmettent l'information de consommation et le fournisseur relance la fabrication pour reconstituer le stock consommé. La production fonctionnant souvent par lot, ceci oblige à regrouper les cartes en une quantité minimum, c'est un lot fixe. La séquence de fabrication des lots ordonnance la production du fournisseur.

8.2.1.5. *Objectif du* kanban

L'outil *kanban* présente certains avantages énumérés ci-après :

– réduire les cycles de production, les en-cours de stock, les manutentions ;

– éviter d'avoir des manquants, des rebuts ;

– augmenter la rentabilité, la flexibilité ;

– améliorer la communication dans le processus de production[5], les relations interateliers, les relations avec les fournisseurs.

5. Le flux de production correspond à un processus, c'est-à-dire un ensemble d'enchaînements de tâches élémentaires ainsi que des moyens correspondants, nécessaires à l'élaboration d'un produit. Il prend en compte les opérations principales, opérations de transformation avec valeur ajoutée et les opérations annexes.

8.2.2. *Principe de circulation du* kanban *sur une ligne de fabrication constituée de plusieurs postes de travail*[6]

Soit une ligne de production équipée de 4 postes de travail P1, P2, P3 et P4. La figure 8.5 illustre l'utilisation conjointe des deux méthodes MRP et *kanban* applicables dans le cas de séries répétitives. Le calcul MRP gère le flux physique de production, les besoins nets ont été calculés (OA et OF), chaque poste de travail est géré par système *kanban*. Le poste 2 demande les pièces au poste 1, le poste 3 demande les pièces au poste 2, le poste 4 demande les pièces au poste 3. Une boucle *kanban* est située entre deux postes de travail, un nombre précis de *kanban* est déterminé pour chaque boucle.

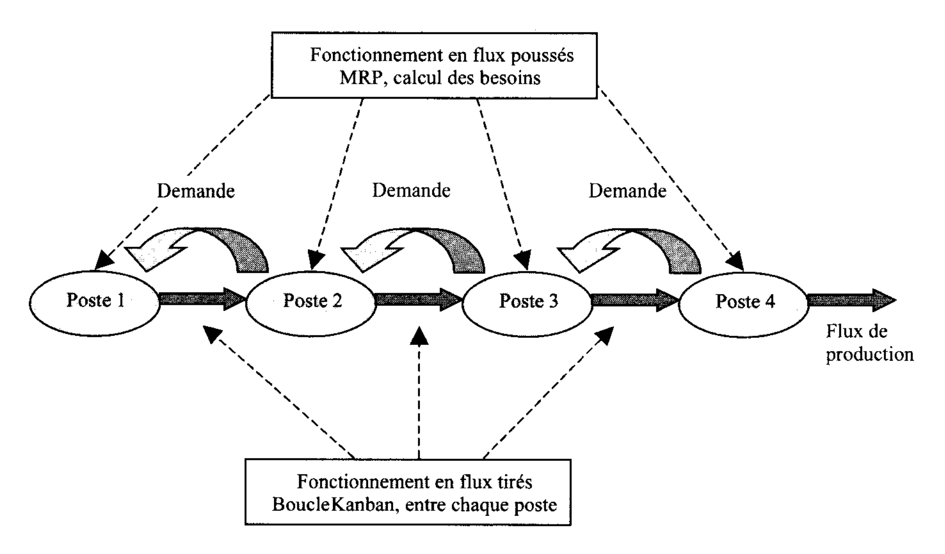


Figure 8.5. *Boucles* kanban *entre postes de travail*

8.2.2.1. *Exemple*

La figure 8.6 a pour but d'expliquer de manière simple le fonctionnement *kanban* entre deux postes de travail proches. L'opérateur au poste de travail n° 1 produit des pièces à partir des ordres de fabrication (*kanban*) présents sur le planning du poste, il produit pour le poste n° 2 demandeur, tant qu'il y a des *kanban*.

6. La mise en ligne de produits est souvent associée à une démarche juste-à-temps (cas du *lean manufacturing*). Les opérations réalisées sur un même produit ou sur une même famille de produits sont regroupées au même endroit. Le suivi de fabrication se trouve simplifié puisque l'on a adopté une organisation en flux de production en rapprochant géographiquement les postes de travail.

Plusieurs règles s'imposent quand on travaille dans un contexte juste-à-temps avec des *kanban* :

– le nombre de pièces fabriquées correspond à une quantité déterminée au niveau de la boucle *kanban*, c'est-à-dire entre le poste 1 fournisseur et le poste 2 client ;

– pour les pièces de même référence, la quantité dans chaque unité de conditionnement (UC) est constante[7] ;

– dès que la quantité à fabriquer pour une UC est réalisée, l'opérateur du poste 1 accroche un *kanban* sur le container ;

– dès que le poste 2 prend une unité de conditionnement pleine, l'opérateur renvoie le *kanban* vers le poste 1.

Par un tel système, il y a régulation du flux de production. Si le poste 2 arrête de s'approvisionner, le poste 1 continuera à fabriquer tant qu'il y aura des *kanban* et s'arrêtera automatiquement quand le planning sera vide.

8.2.2.2. *Remarques*

Dans le cas de postes de travail éloignés, certaines opérations supplémentaires sont à considérer. Ainsi, la collecte de boîtes à *kanban* est souvent réalisée par les caristes qui reçoivent dans certains cas un ordre d'appel pour récupérer les *kanban*.

Un système à double *kanban* peut être également utilisé, dans ce cas on utilise les *kanban* de fabrication et les *kanban* de transfert pour déplacer les containers du poste de travail fournisseur au poste de travail demandeur[8].

Notons également :

– que tout *kanban* perdu dans une boucle entraîne une rupture, donc un risque de perturbation du flux à court ou moyen terme (si cette rupture n'est pas constatée rapidement) ;

– qu'un emplacement non respecté correspond à une perte de temps (erreur d'emplacement sur un planning, erreur d'emplacement pour le container).

Les *kanban* de fabrication servent à transmettre les ordres de fabrication d'un poste de travail à un autre en limitant le risque d'erreur. Lorsque l'opérateur d'un poste reçoit une étiquette *kanban* dans sa boîte aux lettres « *kanban* » (ou directement sur

7. Le contenant ou unité de conditionnement (UC) peut être un bac, une palette ou tout autre moyen de conditionnement en fonction du type de fabrication.

8. De nombreux ouvrages présentent le système à double *kanban*, voir BAGLIN G., BRUEL O., GARREAU A., GREIF M., *Management industriel et logistique*, 3e édition, Economica, 2001. GIARD V., *Gestion de la production et des flux*, 3e édition, Economica, 2003.

son planning), cela correspond pour lui à une instruction de fabrication d'une palette dont la quantité à fabriquer est inscrite sur le *kanban*. Il prend la palette ou le bac de matières ou pièces à travailler et réalise les opérations correspondantes. Lorsqu'il a terminé et que son container (bac ou palette) est plein, il y place l'étiquette *kanban* et expédie l'ensemble (*kanban* + container) à son client. En même temps qu'il prend un container d'approvisionnement, il en retire lui aussi l'étiquette *kanban* et la dépose dans la boîte aux lettres de son propre fournisseur. Le *kanban* tire ainsi la production tout au long du *process* de fabrication[9].

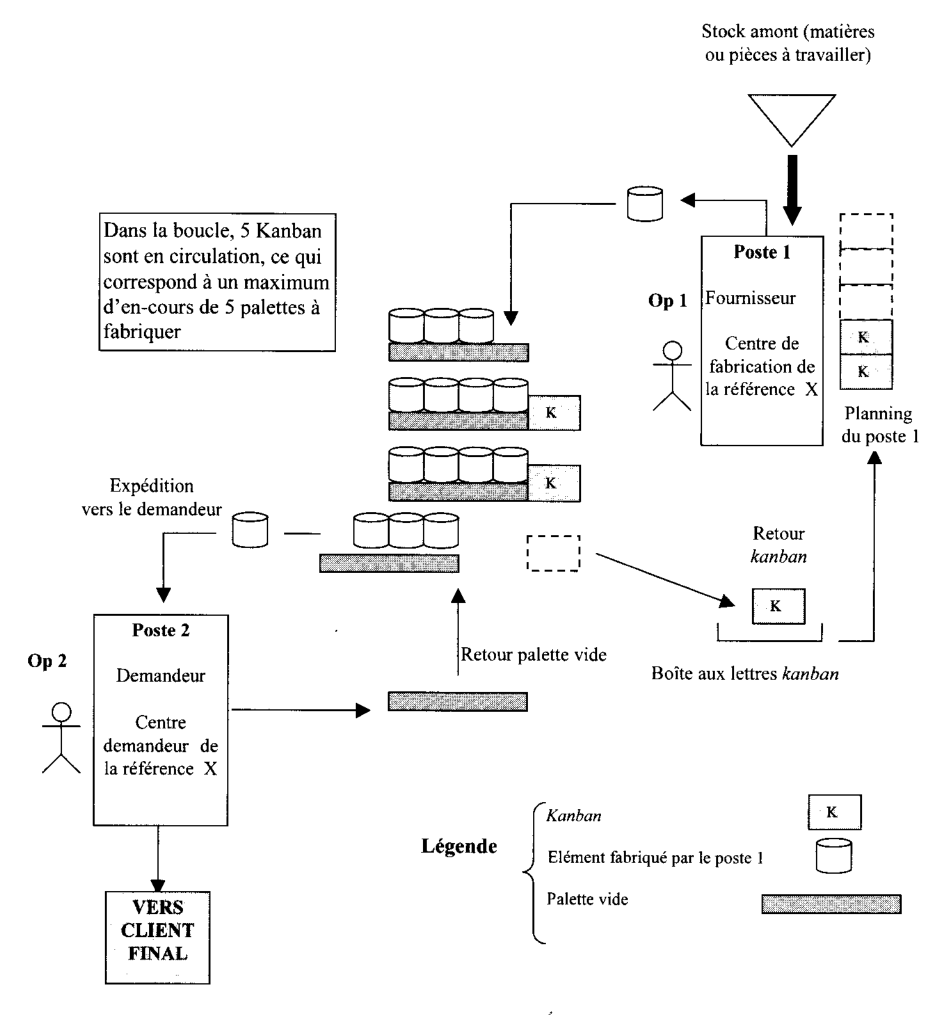


Figure 8.6. *Schéma de principe de la boucle kanban entre deux postes de fabrication*

9. Ce principe de boucle *kanban* est appliqué dans l'industrie automobile.

8.2.3. *Production à partir de la méthode* kanban

L'exemple présenté figure 8.7 montre le fonctionnement de la méthode *kanban* dans une entreprise fonctionnant avec trois lignes de production. Le magasin approvisionne les lignes à partir de listes à servir établies en fonction du programme directeur de production. La ligne n° 1 fabrique des sous-ensembles transférés ensuite à la ligne n° 2 par *kanban*, il en est de même pour la ligne n° 3 approvisionnées par *kanban* par la ligne n° 2. Enfin, la ligne n° 3 réalise les produits finis à envoyer au client final.

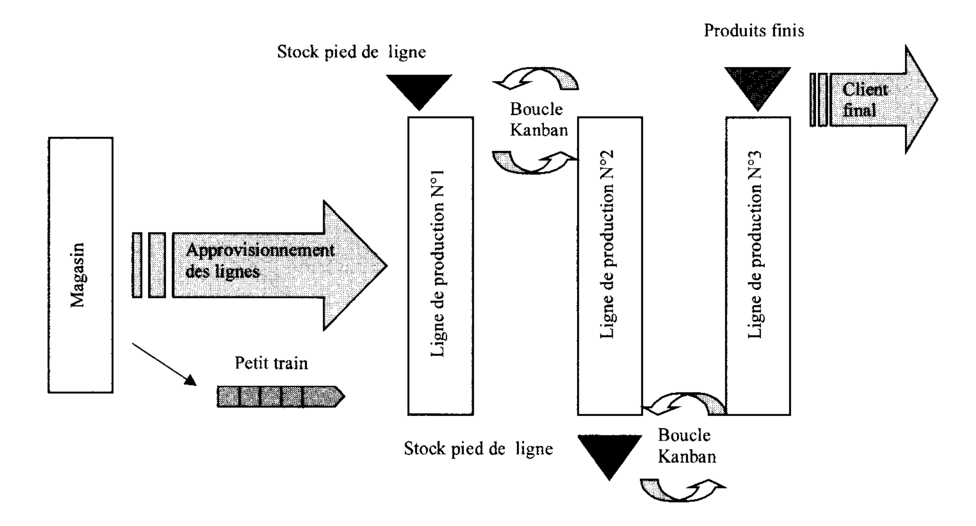


Figure 8.7. *Fonctionnement du système* kanban *entre lignes de production*[10]

Dans un tel processus de production, tout fonctionnement optimisé du *kanban* nécessite l'application des règles suivantes :

– le PIC et le PDP sont lissés, ce qui signifie que les charges ont été équilibrées par rapport aux capacités ;

– les stocks de lissage, définis pour chaque référence de produits finis fabriqués, absorbent les variations de la demande client ;

– les processus sont stabilisés (taux de rendement synthétique < 80 % avec des taux de pannes, d'aléas les plus faibles possibles) ;

– les temps de changement de série sont réduits et maîtrisés ;

10. A partir de listes à servir, les approvisionnements des lignes sont chargés dans un « petit train », système de livraison constitué d'un ensemble de remorques tractées.

– l'approvisionnement des pièces s'effectue à intervalles réguliers ;
– les moyens de production ont une réserve de capacité ;
– les produits finis sont en petits contenants.

8.2.4. *Approvisionnement par* **kanban** *d'une chaîne de production*

Les entreprises utilisent fréquemment le principe de la boucle *kanban* entre les postes de fabrication et le magasin d'approvisionnement des pièces sur les chaînes de fabrication (figure 8.8). Les différents postes de travail de la chaîne de production sont alimentés par un système *kanban*. Le principe de gestion utilisé correspond à la méthode des doubles casiers (un casier pour un *kanban*). Dès qu'un casier est vide, celui-ci retourne au magasin pour être réapprovisionné dans un délai calculé en fonction de la vitesse de consommation des pièces sur chaîne.

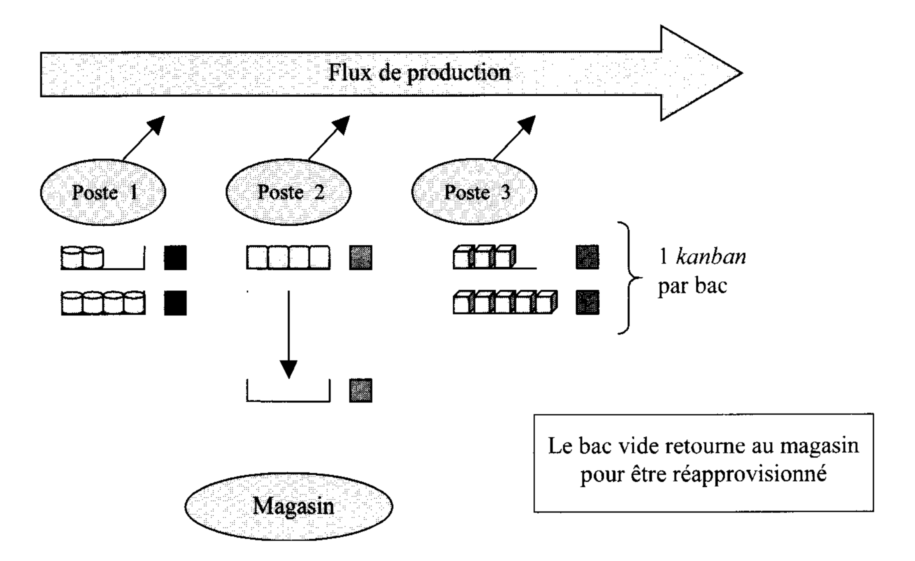


Figure 8.8. *Approvisionnement par* kanban *simple (double bac) d'une chaîne de production*

8.2.5. *Détermination du nombre de* **kanban** *dans une boucle*

Supposons 2 postes P1 et P2.

Le poste 2 demande au poste 1. Le repère N_i correspond au nombre de *kanban* en circulation entre les 2 postes. Le contenu d'un container est symbolisé c, la quantité dans un container est fonction du volume des pièces. La quantité totale

circulant dans la boucle correspond au produit N × c. Le repère D représente la demande par unité de temps, par exemple les besoins journaliers du plan directeur de production. Nous devrons également tenir compte d'un délai de réaction Tr qui est fonction du temps de réglage de la machine et du temps pour réaliser le premier container [VOL 84].

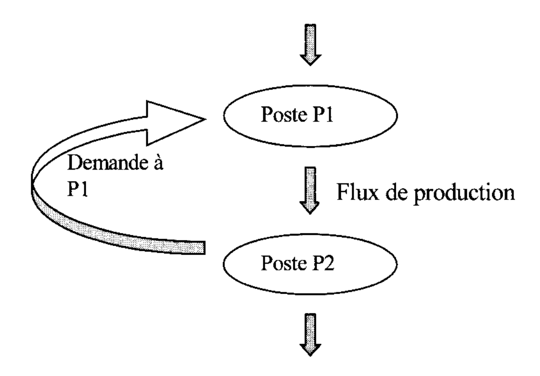


Figure 8.9. *Boucle* kanban *entre deux postes de travail*

En résumé, nous avons :

– N = nombre de *kanban* (doit être un multiple de la quantité par container) ;

– c = capacité d'un container, valeur 5 % à 10 % de la demande du jour (il faut dans certains cas tenir compte du volume de la pièce) ;

– D = demande par unité de temps, correspond par exemple aux besoins journaliers (exemple : 200 unités par jour) ;

– Tr = délai de réponse du poste 1, correspond au réglage, à la fabrication du premier container et à tout autre temps à prendre en compte pour définir au mieux le nombre de *kanban* (Tr doit être exprimé en fraction de jours en fonction du nombre d'heures travaillées)[11].

La figure 8.10 illustre le fonctionnement d'une boucle *kanban*. Pour éviter d'être en rupture de pièces, il faut recommencer à produire des *kanban* au plus tard quand le niveau d'alerte est atteint.

---

11. Le paramètre Tr influe directement sur la valeur du nombre de *kanban* dans la boucle, donc du stock. En fonction de la stratégie choisie et de l'activité de certaines entreprises, cette variable peut être plus ou moins élevée.

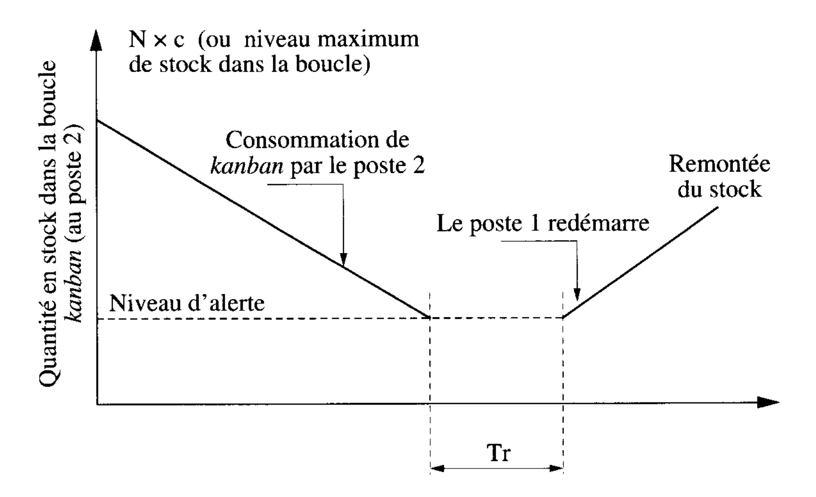


Figure 8.10. *Mouvements de stock dans la boucle* kanban

La formule théorique[12] pour calculer le nombre de *kanban* est :

$$N = D.Tr/c \quad [8.1]$$

On fait apparaître un coefficient de sécurité Cs d'une valeur supérieure à 1 pour éviter de manquer de pièces si Tr devient variable (exemple : Cs = 1,1 signifie que l'on prend 10 % de marge de sécurité). On constate d'après la formule que, plus le temps de remise en marche Tr du poste de travail est élevé (délai de fabrication du premier *kanban*), plus le nombre de *kanban* dans la boucle est grand.

Le nombre de *kanban* dans la boucle correspond à un lot de fabrication mais également à un en-cours de production. Si l'on réussit à diminuer le temps Tr, le nombre de *kanban* N sera moindre.

Une formule pratique pour calculer un nombre de *kanban* est :

$$N = (D.Tr) \times Cs/c \quad [8.2]$$

Dans la pratique, les formules ne sont pas toujours utilisées. La détermination du nombre de *kanban* est trop souvent réalisée de manière empirique alors que la formule permet de calculer un nombre de *kanban* qui peut être ajusté par la suite.

---

12. Voir également GIARD V., *Gestion de production*, Economica, 2e édition, 1988. Notons également que d'autres formules existent pour déterminer un nombre de *kanban* dans une boucle.

8.2.6. *Exemples de calcul de* kanban

8.2.6.1. *Exemple 1 : Calcul d'un nombre de* kanban

La demande est de 200 pièces par jour et l'horaire de 8 heures de travail par jour, le délai de réaction est de 2 heures. La capacité c du container est 5. Déterminer le nombre théorique de *kanban* et le nombre pratique en appliquant un coefficient de sécurité de 1,1.

Solution

Sachant que la demande D est de 200 unités par jour, que la capacité c du container est égale à 5 et que la journée de travail est de 8 heures :

– calculons Tr en fraction de jours par rapport à l'horaire travaillé :

$$Tr = 2h/8h = 0,25$$

– calculons le nombre de *kanban* N sans tenir compte de la variable de sécurité :

$$D.Tr = 200 \times 0,25 = 50$$

$$N = D.Tr/c = (200 \times 0,25)/5 = 50/5 = 10 \textit{ kanban}$$

– calculons N en tenant compte de la variable de sécurité Cs et en retenant une valeur de Cs égale à 1,1.

$$N = D.Tr \times Cs/c = 200 \times 0,25 \times 1,1/5 = 11 \textit{ kanban}$$

ce qui signifie que le maximum fabriqué dans une boucle est 11 × 5 = 55 pièces.

8.2.6.2. *Exemple 2 : JAT-*kanban*, étude graphique des consommations*

Supposons un poste de travail P1 produisant un nombre de *kanban* N = 5 dans une boucle. Un autre poste P2 utilise les *kanban* réalisés par le poste P1. Le temps de réaction (redémarrage du poste P1) est égal à 2 fois le temps de consommation d'un container. On ne tient pas compte de la variable de sécurité supposée fixe.

Etudier le fonctionnement des *kanban* dans la boucle.

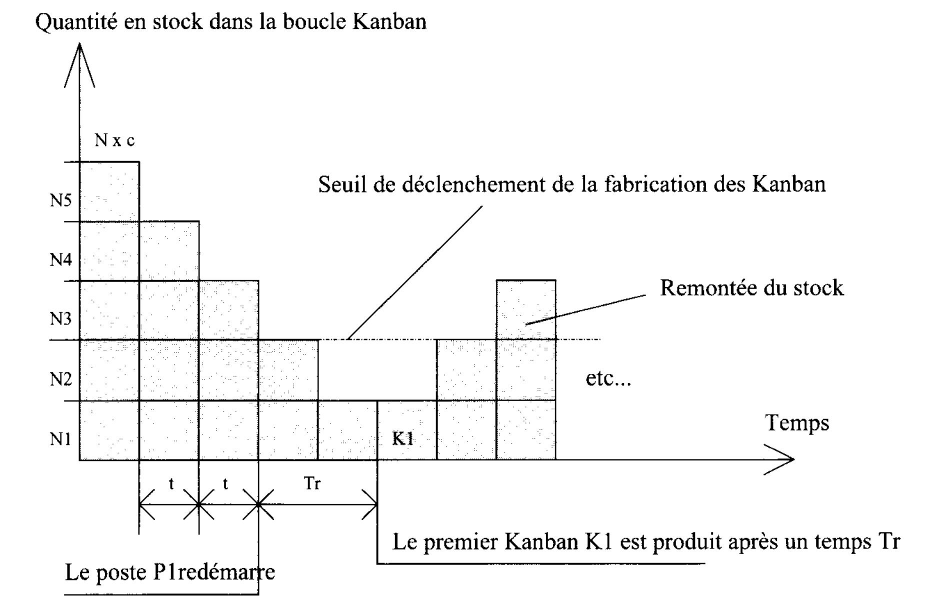
Solution

Le niveau maximum apparaît en ordonnée sur la figure 8.11 lorsque N = 5 *kanban*. Les temps t représentent les durées de consommation des containers 1 à 5.

Sur le graphique, on constate un temps de réaction Tr supérieur aux temps de consommation t (les *kanban* sont consommés par le poste P2). Dans le cas présent, Tr = 2t, cela signifie qu'un nouveau *kanban* est réalisé au bout d'un temps d'une durée de 2t.

La fabrication doit être relancée dès que le seuil est atteint, donc dès que le stock se trouve à 2 *kanban*. Si l'on attend d'être au niveau N1 seul, il y a arrêt du poste suivant (poste P2) car le poste P1 n'a pas eu le temps de produire un nouveau *kanban*.

Les mouvements dans la boucle *kanban* sont présentés ci-dessous.



* Il faut fabriquer avant d'atteindre le stock d'alerte

Figure 8.11. *Etude graphique du* kanban

Le poste P1 peut recommencer à travailler sans attendre que le seuil soit atteint. L'opérateur doit surveiller son planning de manière à éviter de travailler en urgence pour le poste demandeur (poste 2). Un exemple de gestion d'un planning *kanban* est présenté dans la prochaine section, trois zones de couleurs différentes sont utilisées.

8.3. Déclenchement du processus *kanban* par système d'alerte visuel

Si dans un atelier, des manques apparaissent, le risque de perturber la production est inévitable, les fabrications sont arrêtées, les délais ne sont pas respectés. La gestion des manques peut être améliorée en instaurant un réapprovisionnement par système d'alerte visuel avec seuil d'alerte. Il s'agit d'un planning qui visualise les besoins de fabrication à un poste de travail sur une chaîne de fabrication ou sur un tableau de lancement.

Une fois le nombre de *kanban* défini dans une boucle, on met en place le planning présenté figure 8.12.

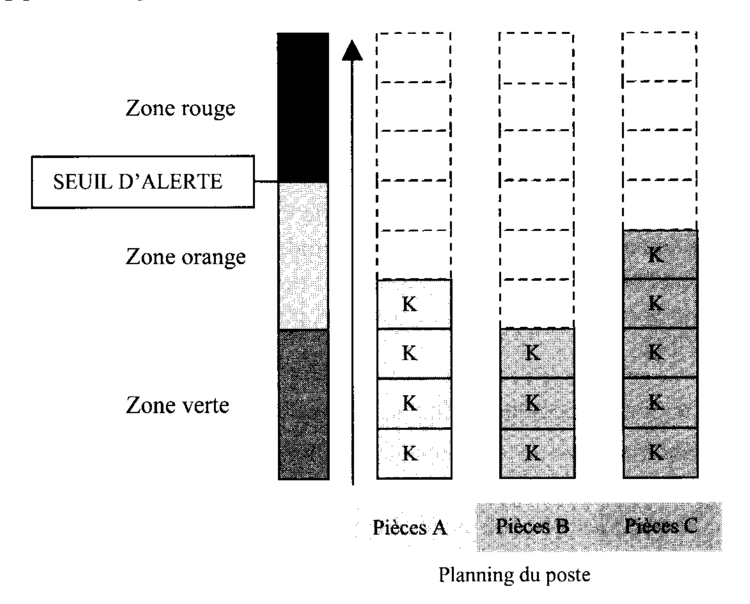


Figure 8.12. *Fonctionnement en* kanban *par système d'alerte visuel*

Le planning correspond à la charge d'un poste de travail ou d'une chaîne de production. Les *kanban* sont à comparer à des ordres de fabrication. Dès qu'un *kanban* arrive sur le planning du poste, il s'ajoute aux autres déjà en place.

Le nombre total de *kanban* sur le planning est égal à l'ensemble des *kanban* dans la boucle. Tant que les pièces se situent dans la zone verte, les risques de perturbations au niveau de la chaîne de production sont inexistants. La mise en production est possible dès qu'un *kanban* se situe dans la zone verte. Quand les *kanban* arrivent en zone orange, il y a lieu de s'inquiéter et de relancer la fabrication

des pièces. Si la zone rouge est atteinte, cela signifie que tous les *kanban* se trouvent sur le planning, le risque d'arrêt de la production est élevé.

8.4. Variation du nombre de *kanban* en fonction du plan directeur de production

Le plan directeur de production appelé également programme directeur de production peut faire l'objet de variations. Lorsque la demande clients varie, le nombre de *kanban* dans la boucle doit être réajusté. Il est important d'équilibrer les charges en prenant en compte les délais clients et le nombre de références à fabriquer. Le fait d'anticiper les productions futures permet de lisser les charges de production et d'éviter un réajustement systématique du nombre de *kanban* dans chaque boucle. Si nécessaire, un nouveau nombre de *kanban* est défini lors de l'ajustement du PDP.

Considérons un PDP d'une durée de cinq semaines ajusté une fois par semaine en fonction des variations des demandes clients. Dans la formule du nombre de *kanban* $N = D.Tr/c$, D représente la valeur de la demande. Si D augmente, N augmente également. Le plan directeur de production correspond à un système glissant qui peut faire l'objet d'un ajustement régulier en termes de charge, et par conséquent, du nombre de *kanban* pour certains articles dans les boucles concernées (voir figure 8.14).

Exemple de fonctionnement du flux d'information dans une entreprise :

– 1. le plan industriel et commercial (PIC) venant du client est analysé pour garantir une plus grande régularité ;

– 2. sur la base du PIC, un plan directeur de production PDP est établi pour assurer à la production une stabilité de fonctionnement sur cinq semaines. Le fournisseur reçoit lui aussi un PDP pour assurer des livraisons régulières. Partout où cela est possible, le pilotage est assuré par une boucle *kanban* (figure 8.14).

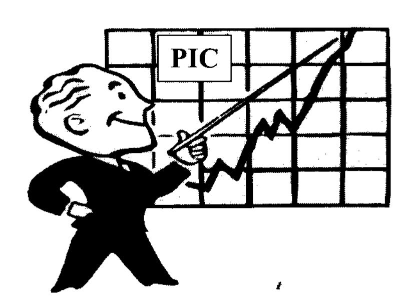


Figure 8.13. *Analyse du PIC*

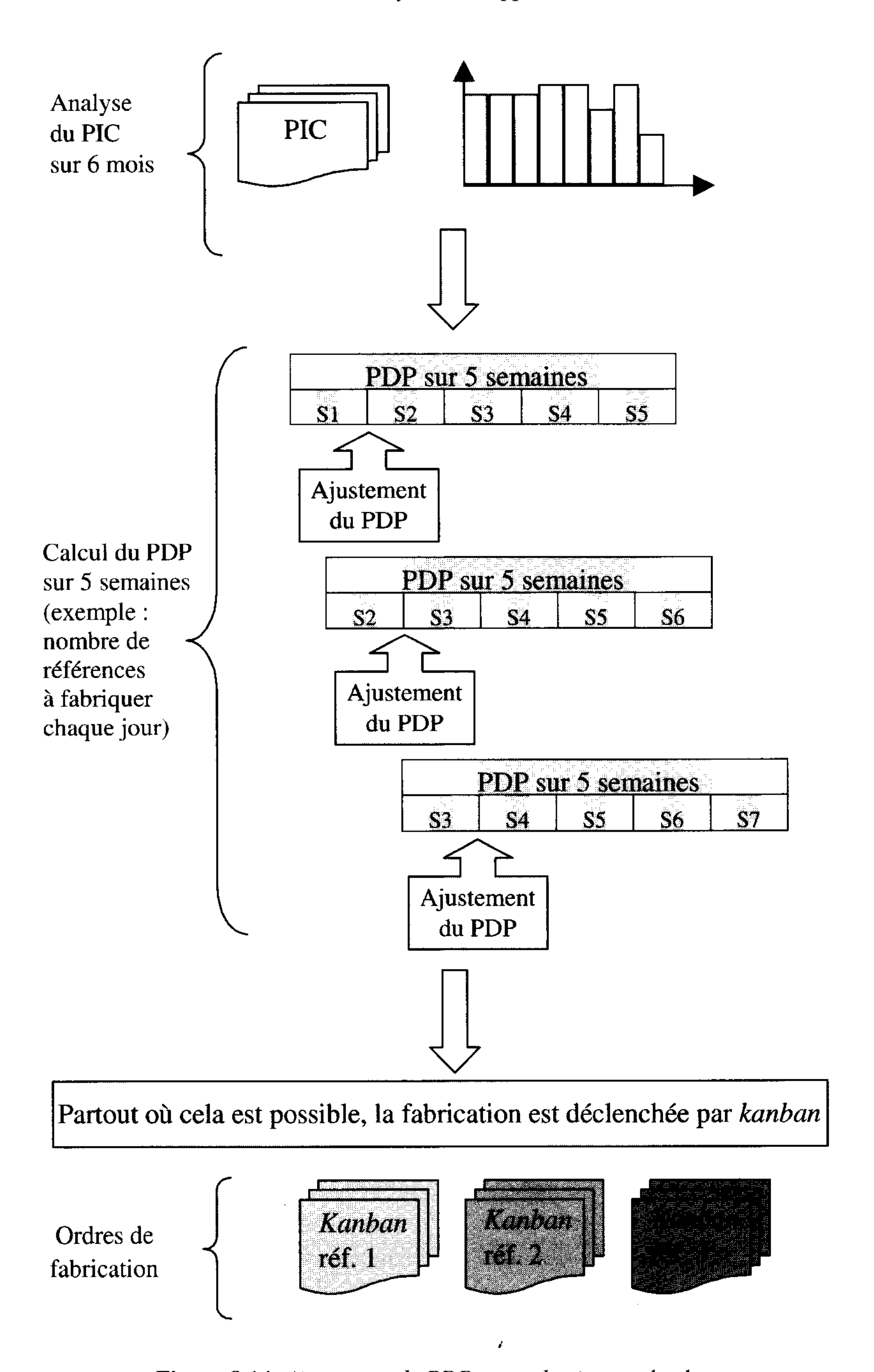


Figure 8.14. *Ajustement du PDP et production par* kanban

8.5. Le juste-à-temps selon la méthode des flux synchrones

Le véritable juste-à-temps était jusqu'au début des années 1990, la livraison en encyclé ou en synchrone qui permettait au constructeur de n'avoir aucun stock. Les usines de proximité des équipementiers automobiles s'efforçaient de produire et de livrer en synchrone, mais ce style de fonctionnement a entraîné de tels dysfonctionnements qu'elles préfèrent maintenant livrer en synchrone à partir d'un petit stock. En règle générale, elles produisent à l'avance les références les plus fréquentes et ne produisent en synchrone que les références manquantes.

Dans la méthode des flux synchrones, tout est formalisé dans le moindre détail, le système très astreignant demande rigueur et partenariat, ce qui permet de produire à l'unité, en temps réel, avec un stock réduit au maximum. Dans l'industrie automobile, les flux synchrones concernent les fonctions coûteuses, les équipements volumineux (sièges, réservoirs) et en grandes variétés (ainsi, pour un modèle de véhicule, on a plusieurs dizaines de versions ou références).

Contrairement aux deux autres catégories que nous évoquons par la suite, des temps sont imposés pour livrer, les composants doivent être mis dans l'ordre où ils seront montés chez le constructeur et livrés en temps voulu aux pieds des chaînes de montage.

Les figures 8.15, 8.16 et 8.17 illustrent le principe des flux synchrones. La synchronisation au niveau du flux doit être parfaite, le moindre défaut a pour conséquence de bloquer la production des véhicules. Ce qui compte dans les production en flux synchrones ou en *lean manufacturing*, c'est la mise à disposition des composants en temps voulu (MADC), au moment voulu et à l'endroit voulu.

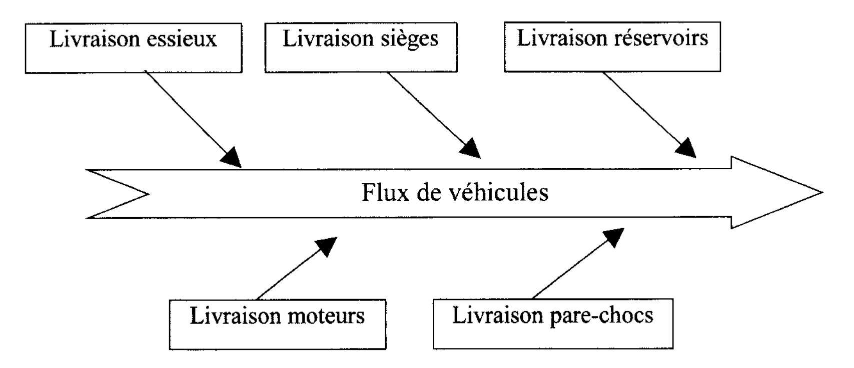


Figure 8.15. *Principe du flux synchrone*

Prenons l'exemple du montage des sièges sur des véhicules dans une usine du secteur automobile. Les sièges sont fabriqués par une société extérieure qui doit livrer en flux synchrones sur le pas de chaîne du constructeur automobile. La livraison doit s'effectuer avec un écart autorisé d'un quart d'heure par rapport à l'heure de montage programmée. Ce type d'organisation nécessite une planification optimale réalisée à partir de liaisons informatiques entre le constructeur et le fabricant de sièges (EDI ou échange de données informatisées).

Comme le montre la figure 8.16, les sièges doivent être préparés selon un ordre précis de rangement dans les camions de manière à obtenir une parfaite synchronisation au niveau du montage sur les véhicules.

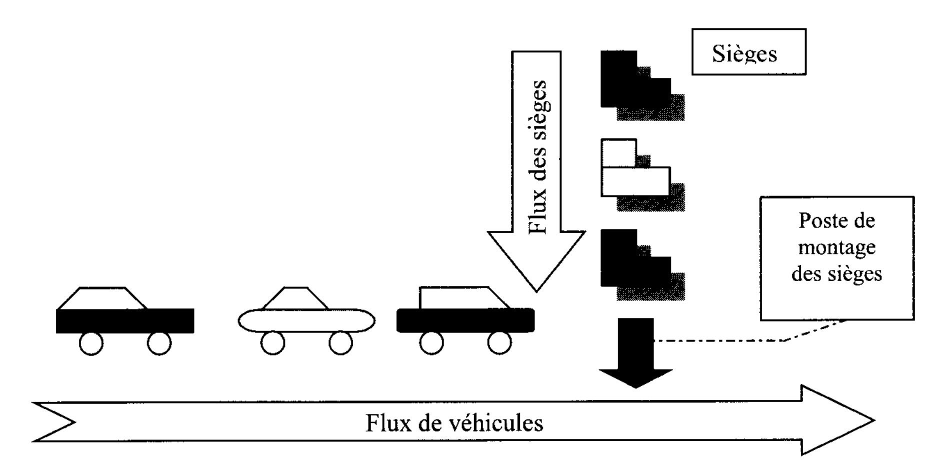


Figure 8.16. *Livraison de sièges en flux synchrone*

Les réceptions sont programmées au quart d'heure près, d'où la nécessité de mettre en place une logistique appropriée :

– commande au fournisseur ;

– chargement dans un camion suivant un ordre défini par les contraintes du constructeur de manière à livrer dans un ordre précis sur le pas de chaîne ;

– livraison en juste-à-temps.

Sur le calendrier figure 8.17 apparaissent les différents créneaux horaires des livraisons, chaque transporteur (T1, T2, T3, etc.) doit livrer le client à une heure précise.

Jours du mois	6h	6h30	7h	7h30	8h	8h30	9h	9h30	Etc.
Lundi		T1	T2						
Mardi		T1	T2		T5		T1	etc.	
Mercredi		T1	T2	T4	T1		T1		
Jeudi		T1	T3		T1				
Vendredi		T1			T1		T1		
Samedi									
Lundi		T1	T2						
Mardi		T1	T2	T4	T5		T1		
Mercredi		T1	T2		T1		T1		
Jeudi		T1	T3		T1				
Vendredi		T1			T1		T1		
Samedi									
Etc.									

Figure 8.17. *Exemple de calendrier réception expédition*

L'exemple suivant illustre le suivi du taux de service des différents fournisseurs d'une entreprise pour chaque livraison ou expédition.

EXEMPLE.– L'entreprise Durand mesure le taux de service transport de ses fournisseurs, l'objectif visé est un taux de 100 %.

La figure 8.18 présente le calcul des taux de service mensuels des fournisseurs pour le mois de juin 2000, les différents transporteurs T1, T2, T3... approvisionnent en amont l'entreprise Durand. Des créneaux horaires sont à respecter, le nombre de réceptions pour le mois de juin est indiqué dans la colonne « théorique » pour chaque transporteur. Dans la colonne « réel », on indique uniquement les réceptions effectuées lorsque les créneaux horaires sont respectés. En final, on calcule le taux global, c'est-à-dire le rapport total réel/ total théorique. Pour le mois de juin 2000, le taux global est de 89,70 %.

Mois : juin 2000					
Transporteurs	Client	Horaire = 15 minutes	Théorique	Réel	Taux
T1	Durand	6h30, 8h, 9h	44	38	86,3 %
T2	Durand	7h	12	12	100 %
T3	Durand	7h	4	3	75 %
T4	Durand	7h30	4	4	100 %
T5	Durand	8h	4	4	100 %
Etc.	Durand				
			Total = 68	Total = 61	Taux global = 89,70 %

Figure 8.18. *Taux de service mensuel des transporteurs approvisionneurs (flux amont)*

Le taux de service peut être calculé pour une journée, une semaine, un mois, pour chaque transporteur et pour l'ensemble des transporteurs. On compare le taux réalisé au taux visé, c'est-à-dire à l'objectif de 100 %. La figure 8.19 donne les valeurs des taux de service sur les 6 derniers mois (janvier à juin 2000) pour un transporteur T', on peut tracer la courbe des valeurs de taux en fonction des périodes.

Mois	**Janvier**	**Février**	**Mars**	**Avril**	**Mai**	**Juin**
Objectif	100	100	100	100	100	100
Réalisé	86,5	92	90,8	82	85,3	85,2

Figure 8.19. *Valeurs des taux de service sur 6 mois pour le transporteur T'*

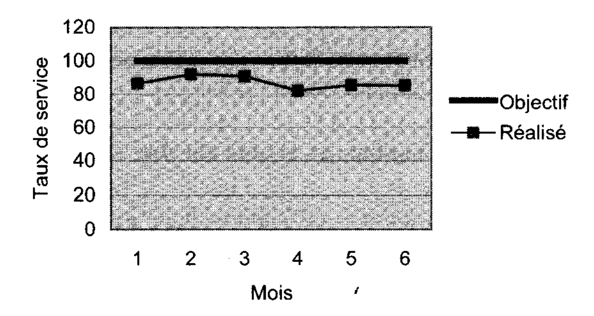


Figure 8.20. *Graphique des taux de service sur une période de 6 mois pour le transporteur T'*

Le même principe de calcul peut être appliqué pour le suivi du taux de service au niveau du flux aval (figure 8.21), c'est-à-dire au niveau des livraisons. L'entreprise Durand peut faire appel à plusieurs transporteurs qui livreront plusieurs clients. Pour le transporteur T10, le client Sanpitié doit être livré dans le créneau horaire 6H/6H30. Sur 20 livraisons, 18 ont été effectuées dans les délais, le taux de service est donc de 90 %.

Mois : mars 2000					
Transporteurs	Client	Créneau horaire	Théorique	Réel	Taux
T10	Sanpitié	6H/6H30	20	18	90 %
T20	Padecado	7H/7H30	15	14	93,3 %
T30	Bienreçu	7H45/8H15	5	5	100 %
T40	Compliqué	9H/9H30	12	10	83,3 %
T50	Leroicémoi	10H/10H30	8	7	87,5 %
Etc.	Etc.	Etc.	Etc.	Etc.	Etc.
			Total = 60	Total = 54	Taux global = 90 %

Figure 8.21. *Taux de service mensuel des transporteurs livreurs (flux aval)*

8.6. Système *kanban* et logistique d'approvisionnement

Le système logistique peut s'illustrer comme un flux orienté. Le point de départ correspond aux flux entrants, c'est-à-dire aux approvisionnements en provenance des fournisseurs extérieurs, le point d'arrivée correspond aux flux sortants ou produits finis livrés aux clients. Pour une efficacité optimale au niveau des différentes étapes du flux, chaque service doit se considérer à la fois comme client et fournisseur.

La figure 8.22 illustre le principe du flux et ses différentes étapes.

8.6.1. *Le fonctionnement des* kanban *au niveau des flux entrants*

Certaines entreprises fonctionnent en *kanban* pour le réapprovisionnement de pièces ou matières premières, notamment dans le secteur de l'industrie automobile. La boucle *kanban* se situe entre le client et son fournisseur, ou entre le client et une plate-forme. Une plate-forme est un magasin intermédiaire situé à proximité du client,

le fournisseur approvisionne la plate-forme qui livre ensuite au client en fonction de la demande. Les frais de stockage sont normalement à la charge du fournisseur.

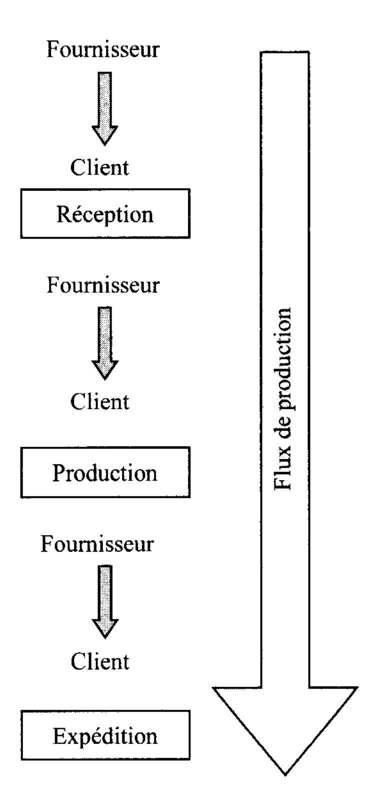


Figure 8.22. *Les différentes étapes d'un flux de production*

La transmission d'informations entre le client et l'extérieur (plate-forme ou fournisseur) peut s'effectuer de différentes manières : par fax, par l'intermédiaire de l'EDI, avec Internet. Dans le cas du fonctionnement avec l'EDI, à chaque pièce sortie du stock chez le client correspond une lecture de *kanban*. L'enregistrement peut être réalisé par lecture optique (à l'aide d'un crayon optique par exemple) qui enregistre le code-barre de la pièce sortie, ce qui a pour conséquence de modifier l'état des stocks dans les fichiers informatiques et de déclencher un approvisionnement.

Exemple de fonctionnement d'une boucle kanban *entre fournisseur et client*

De nombreuses entreprises sont équipées de GPAO qui permettent une gestion en *kanban*. Le fonctionnement des boucles entre fournisseur et client s'effectue par

l'intermédiaire de l'EDI, les fichiers informatiques sont régulièrement consultés par le fournisseur qui s'informe des besoins du client à des horaires définis. L'heure de livraison est fonction de l'heure à laquelle se connecte le fournisseur. Par exemple, une lecture des besoins à livrer effectuée à 5 heures va déclencher une livraison 2 heures plus tard à 7 heures, la commande est préparée durant le battement de 2 heures.

Le fonctionnement du système est illustré par la figure 8.23. Dans le tableau des plages horaires, l'heure limite d'enregistrement correspond à l'heure à laquelle l'entreprise mémorise ses ordres de commandes ou ordres de réapprovisionnement par *kanban*. Le fournisseur lit ensuite les commandes mémorisées (horaire de lecture par le fournisseur). Le temps de préparation représente le temps de chargement de la commande dans le moyen de transport. La dernière colonne indique l'heure à laquelle l'entreprise reçoit la commande. Les informations sont lues par le fournisseur aux horaires suivants : 5h00, 8h00, 11h00, 14h00, 17h00, 20h00. Les livraisons sont effectuées aux heures suivantes : 7h00, 10h00, 13h00, 16h00, 19h00, 22h00.

Heure limite d'enregistrement des commandes de l'entreprise	**Horaire de lecture par le fournisseur**	**Temps de préparation**	**Heure de livraison dans l'entreprise**
4h45	5h	2h	7h
7h45	8h	2h	10h
10h45	11h	2h	13h
13h45	14h	2h	16h
16h45	17h	2h	19h
19h45	20h	2h	22h
Etc.	Etc.		

Figure 8.23. *Exemple de tableau des plages horaires*

L'EDI ou Internet sont des moyens de gestion efficaces de plus en plus utilisés par les entreprises. De tels systèmes permettent de réapprovisionner à partir d'une boucle *kanban* entre le fournisseur et l'entreprise cliente (voir figure 8.24).

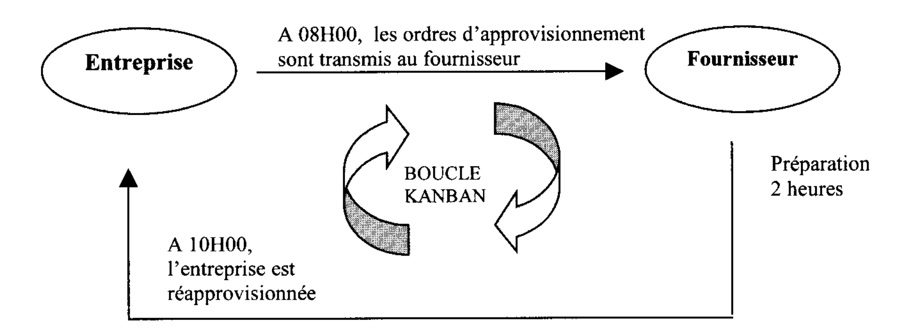


Figure 8.24. *Principe de fonctionnement des réapprovisionnements par* kanban *entre fournisseur et entreprise*

Inconvénient : si les demandes journalières augmentent en fonction des programmes de fabrication, il y a lieu de modifier le nombre de *kanban* dans la boucle. En effet, une demande journalière croissante va entraîner un nouveau calcul de *kanban*. Si le calcul du nombre de *kanban* n'est pas anticipé par rapport aux variations de la demande, le risque de perturbation de la fabrication est réelle et peut se traduire par des arrêts de production.

8.6.2. *Calcul du nombre de* kanban *N dans une boucle entre le client et la plate-forme ou le fournisseur*

La gestion entre une plate-forme ou un fournisseur et la réception est assurée par le système *kanban*. La boucle *kanban* fonctionne avec un nombre de *kanban* qui tient compte du besoin à fabriquer et du délai de livraison ou réactivité en fonction de l'éloignement du fournisseur ou de la plate-forme.

Définition des variables N, D, c, Tr :

– N = nombre de *kanban* ;

– D = besoins journaliers ou demande par jour ;

– c = quantité dans une unité de conditionnement ;

– Tr = délai de réponse ou de réactivité du fournisseur en fonction de son éloignement.

La détermination du nombre N de *kanban* est fonction des besoins journaliers ou demandes par jour D et des quantités c par unité de conditionnement (UC).

Nous avons vu que la formule pour calculer le nombre de *kanban* était la suivante : N = D.Tr/c. Supposons un besoin de fabrication D de 1 000 pièces par jour. La quantité c par UC est de 100 pièces. Une unité de conditionnement peut être une caisse, une palette, un container, etc. Pour calculer le nombre de *kanban*, on tient compte du délai de réponse du fournisseur. La valeur de ce coefficient est variable en fonction de l'éloignement du fournisseur.

Pour les fournisseurs les plus proches, le coefficient retenu est égal à 1, le calcul du nombre de *kanban* s'effectue de la manière suivante :

N = (1 000 × 1)/100 = 10 *kanban*

Ce qui signifie qu'il faut mettre 10 *kanban* dans la boucle. L'entreprise ne pouvant accepter qu'un nombre de pièces limité dans le magasin, les fournisseurs livrent les clients plusieurs fois par jour. En ce qui concerne les fournisseurs les plus éloignés, le coefficient prend une valeur plus élevée.

Si la valeur maximum est 3, le résultat est le suivant :

N = (1000 × 3)/100 = 30 *kanban*

Ce qui signifie qu'il faut mettre 30 *kanban* dans la boucle, le coût n'est plus le même en termes de trésorerie. De plus, les calculs peuvent prendre en compte un coefficient de sécurité supplémentaire, ce qui a pour conséquence d'augmenter le nombre de *kanban* dans la boucle fournisseur-client. On applique la formule avec le coefficient Cs : N = D.Tr. × Cs/c.

8.7. Conclusion

Trop de personnes identifient le juste-à-temps à la méthode *kanban*. C'est une erreur, on peut fonctionner en juste-à-temps sans obligatoirement utiliser des boucles *kanban*.

Notons également que, si la méthode paraît souvent simple, sa mise en place sur le terrain s'avère souvent plus compliquée. Différents facteurs doivent être pris en compte pour assurer la performance de l'outil *kanban* ; ainsi, les variations du Plan directeur de production peuvent entraîner une modification du nombre de *kanban* dans les boucles, le non-respect des délais ou le manque de rigueur peuvent générer des dysfonctionnements dans l'organisation.

En ce qui concerne la rigueur, on peut évoquer un cas réel rencontré dans une entreprise fonctionnant en *kanban*. Le paramètre en question est l'instant de saisie du niveau de stock, l'article à réapprovisionner étant géré par *kanban*. Si les saisies de consommation ne sont pas réalisées à intervalles réguliers, le stock n'est pas remis à jour à temps. Si ce stock n'est pas décrémenté immédiatement (ou dans un délai à respecter), une différence existera toujours entre le stock informatique et le stock physique. La rigueur s'impose dans un tel système où une gestion défaillante peut entraîner des dysfonctionnements au niveau de la production.

Les anomalies de fonctionnement du système kanban

Il est exact que le *kanban* fait gagner de la place et de l'argent. De plus, le client ne peut négliger le côté pratique d'un tel système, il peut se faire livrer toutes les heures des pièces dont les frais de stockage sont à la charge du fournisseur.

Néanmoins, quand le fournisseur ne peut livrer ses pièces à temps, il se trouve dans l'obligation de respecter les délais[13]. En effet, les livraisons de pièces en urgence existent et se matérialisent par des transports en voitures, camions, hélicoptères ou avions utilisés pour approvisionner une usine qui risque d'être arrêtée si elle n'est pas livrée à temps.

Notons également que dans tout système juste-à-temps, il y a lieu d'anticiper les coûts. La comptabilité analytique appliquée aux moyennes et grandes séries n'est plus adaptée, il ne s'agit plus de constater des coûts et d'analyser les écarts. Les coûts de rupture doivent être évités : coût des pièces manquantes, coûts de non-qualité des pièces livrées, coûts des arrêts de fabrication, coûts des défaillances machine ou coûts des livraisons en urgence par exemple.

13. Un terme est souvent utilisé pour illustrer les dysfonctionnements de la méthode : le « juste-trop-tard ». Le terme reflète une réalité dans certaines entreprises qui doivent faire appel en urgence à des moyens exceptionnels et coûteux pour éviter un arrêt de chaîne de production ou une mise au chômage technique chez le client.

Chapitre 9

La valorisation des stocks et des mouvements de stocks

9.1. La valorisation des stocks et de leurs mouvements

9.1.1. *Méthodes de valorisation des stocks*

Les entrées en stock peuvent faire l'objet de coûts d'achat différents durant l'année. La méthode de valorisation des stocks consiste à déterminer le prix moyen unitaire de l'article en stock.

Pour les stocks achetés et fabriqués, les formules pour déterminer le coût moyen unitaire pondéré ou CMUP sont les suivantes :

– pour les stocks achetés[1] :

CMUP = (valeur du stock en début de période + valeur des entrées de la période)/(volume en stock en début de période + volume entré pendant la période) [9.1]

– pour les stocks fabriqués :

CMUP = (valeur des stocks en début de période + coûts des productions de la période)/(volume en stock en début de période + volume produit pendant la période) [9.2]

1. La valeur des entrées de la période est égale au montant des achats majorés des frais accessoires d'achats et éventuellement des frais d'approvisionnements, hors escomptes et hors agios.

– pour les stocks résiduels, le coût unitaire pour les stocks résiduels se calcule de la manière suivante :

Coût unitaire =
cours du marché le jour de l'évaluation – frais de vente[2] [9.3]

9.1.2. *Méthodes de valorisation des mouvements de stocks*

Pour les entrées

On applique les formules du paragraphe précédent pour les entrées de stocks achetés et pour les entrées de stocks fabriqués. En ce qui concerne les produits résiduels ou déchets, les entrées sont valorisées au prix unitaire.

Pour les sorties

Les trois méthodes de valorisation des stocks présentées sont les plus courantes : FIFO[3], LIFO et CMUP.

Dans la méthode FIFO, *first in first out*, les sorties sont valorisées au prix des entrées les plus anciennes : premier entré – premier sorti. La première unité entrée sera sortie du stock en priorité, on élimine au fur et à mesure les lots les plus anciens. Cette méthode impose de connaître le détail des lots, de gérer les lots de manière précise et d'en surveiller l'épuisement.

Dans la méthode LIFO, *last in first out*, les sorties sont valorisées au prix des entrées les plus récentes : dernier entré – premier sorti. La dernière unité entrée est celle qui sort du stock en priorité.

Dans la méthode CMUP ou coût moyen unitaire pondéré, les coûts sont calculés en fonction du prix et des quantités de chaque entrée.

D'autres méthodes de valorisation des stocks existent, les principales méthodes étant celles évoquées précédemment [BEA 88, ZER 96][4].

---

2. Les frais de vente correspondent à une décote.

3. Dans la grande distribution, on utilise la méthode FEFO qui signifie *first expired first out*, premier périmé premier sorti. En FEFO, les produits sont consommés selon leur date de péremption. Le produit qui sortira en premier de l'entrepôt sera celui qui aura la date de péremption la plus proche.

4. Voir ZERMATTI P., *Pratique de gestion des stocks*, 5e édition, Dunod, p. 116, 1996, et BEAULIEU J.P., PÉGUY A., *Audit et gestion des stocks*, Vuibert, p. 85, 1988.

9.1.3. *Les incidences fiscales des variations de stock*

Les stocks de produits finis ou d'en-cours non facturés en fin d'année influant sur le calcul de la variation de stock de produits finis ou d'en-cours (production stockée ou déstockée selon la terminologie comptable française) du compte de résultat financier de l'exercice comptable (dans lequel l'impôt sur les sociétés est calculé), on peut dire par voie de conséquence que l'importance de ces stocks en fin d'année a *indirectement* une incidence fiscale.

Il en est d'ailleurs exactement de même pour les stocks de matières premières de fin d'année, ceux-ci influant sur le calcul de la variation de stock de matières premières pour obtenir les consommations de l'exercice qui sont une charge d'exploitation de l'exercice comptable.

Tricher sur le montant de ces stocks en fin d'exercice comptable afin de diminuer le bénéfice imposable est une indélicatesse bien connue des services de l'inspection fiscale !

9.1.4. *Exemple de calcul de valorisation des stocks*

L'établissement de l'inventaire permanent au prix d'achat peut se faire selon trois méthodes :

- la méthode FIFO (*first in first out*) ;
- la méthode LIFO (*last in first out*) ;
- la méthode du coût moyen unitaire pondéré.

Valoriser les sorties selon chacune des méthodes à partir des données suivantes :

- janvier : entrée de 100 produits à 150 € ;
- février : entrée de 250 produits à 80 € ;
- mars : sortie de 280 produits.

Solution

Calcul des sorties en utilisant chaque méthode à partir des données suivantes :

- janvier : entrée de 100 produits à 150 € ;
- février : entrée de 250 produits à 80 € ;
- mars : sortie de 280 produits.

La valorisation des produits :

– la méthode FIFO :

100 produits à 150 € = 15 000 €

180 produits à 80 € = 14 400 €

Total 280 produits = 29 400 €

– la méthode LIFO :

250 produits à 80 € = 20 000 €

30 produits à 150 € = 4 500 €

Total 280 produits = 24 500 €

– la méthode du CMUP :

$[(100 \times 150) + (250 \times 80)]/(100 + 250) = 100$ €

soit pour les 280 produits sortis : 100 € × 280 = 28 000 €

9.2. L'inventaire

9.2.1. *L'inventaire permanent*

L'inventaire permanent[5] permet de connaître de façon constante, en cours d'exercice, le niveau des stocks en quantités et en valeurs. L'enregistrement des quantités mouvementées est réalisé à partir des bons d'entrée et des bons de sortie. La valorisation des stocks et des mouvements des stocks est effectuée en appliquant les méthodes expliquées précédemment.

Notons que la précision de l'inventaire permanent est fonction de l'aptitude du système informatique à raisonner en temps réel et à la rigueur des gestionnaires chargés de la mise à jour des stocks.

---

5. Le Conseil national de la comptabilité précise que « l'inventaire comptable permanent est une organisation des comptes de stocks qui, grâce à l'enregistrement des mouvements, permet de connaître de façon constante, en cours d'exercice, les existants chiffrant en quantités et en valeurs ».

9.2.2. *L'inventaire par comptage*

L'inventaire par comptage correspond à l'inventaire extracomptable réalisé en comptant les existants et effectué au moins une fois par exercice, il s'agit d'une obligation légale.

Une pratique courante pour les entreprises qui tiennent un inventaire permanent est d'appliquer la méthode dite de l'inventaire tournant. Ce dernier permet d'inventorier chaque jour un petit nombre d'articles sans perturber le fonctionnement du magasin. Il y a lieu de corriger le résultat de l'inventaire tournant en prenant en compte les entrées et sorties réalisées mais non encore enregistrées en comptabilité. La pratique de l'inventaire tournant a pour avantage de réagir plus vite à tout écart au niveau du stock.

9.2.3. *Comment réaliser son inventaire ?*

Connaître l'état des stocks est indispensable à la gestion saine de l'entreprise, l'inventaire permettant de savoir où l'on en est. Pour les entreprises, c'est une obligation.

L'inventaire consiste à réaliser un état détaillé de l'actif de l'entreprise à un moment donné. Il permet d'évaluer exactement les stocks, cette opération est nécessaire pour le bilan, mais également lorsque le fisc réclame des comptes.

L'article L.123-12 du code du commerce précise que toute personne physique ou morale ayant la qualité de commerçant « doit contrôler par inventaire, au moins une fois tous les douze mois, l'existence et la valeur des éléments actifs et passifs du patrimoine de l'entreprise ». Il s'agit d'un inventaire dit physique qui consiste à compter chaque marchandise. Le fisc estime que cet inventaire doit être établi à la clôture de l'exercice ou à une date proche de celle-ci. Notons qu'une entreprise qui tient un inventaire permanent peut effectuer son inventaire physique à tout moment, les codes barres permettant de suivre au jour le jour les entrées ou les sorties des marchandises. Dans tous les cas, c'est le coût de revient des marchandises qui est enregistré.

L'inventaire informatique ne garantit pas l'existence des marchandises dans les lieux. En effet, il ne tient pas compte des vols, des casses ou de certaines erreurs de saisie. C'est pourquoi l'inventaire physique permet de rapprocher la réalité de la théorie. En principe, l'écart doit être nul, toutefois, le chiffre réel obtenu au terme de l'inventaire est souvent inférieur à la valeur théorique. Il faut donc opérer un réajustement à la date de la clôture. Cet écart, encore appelé « démarque inconnue »

dans la grande distribution, passe en pertes et profits, il peut être supérieur à 1 % du chiffre d'affaires dans certains cas.

L'inventaire est obligatoire et constitue un bon élément de gestion. Il permet par exemple de faire savoir au personnel que les vols ne seront pas ignorés. En outre l'inventaire peut mettre en évidence la nécessité d'améliorer la sécurité d'un magasin ou d'augmenter la surveillance pour certains produits particuliers.

9.2.4. *Relation entre inventaire tournant et classes ABC*

Un stock peut faire l'objet d'un inventaire[6] tournant en fonction des classes[7] A, B et C.

La classe A correspond aux articles en principe coûteux représentant 80 % de la valeur du stock. Les articles compris dans cette classe doivent faire l'objet d'une gestion précise car tout surstock peut entraîner une augmentation des coûts de stockage. En conséquence, il est important de détecter rapidement les anomalies dans la classe A qui fera l'objet d'un inventaire plus fréquent, par exemple tous les mois.

Quant à la classe B, correspondant à des coûts moins élevés, la fréquence d'inventaire peut être plus faible, par exemple tous les trois mois.

En ce qui concerne la classe C, la fréquence serait beaucoup plus faible, l'inventaire serait réalisé tous les 6 mois. La figure 9.1 résume la relation entre les classes ABC et les fréquences d'inventaires. Il ne s'agit que d'un exemple, les valeurs de fréquences d'inventaires et les pourcentages varient en fonction des entreprises concernées.

---

6. Cas réel de problème d'inventaire rencontré dans une grande entreprise : les résultats d'un inventaire ont mis en évidence un écart très important entre le niveau de stock réel en magasin et la valeur du stock informatique. La cause principale de cet écart était le manque de formation des personnes chargées de saisir les entrées et les sorties sur le système informatique de type ERP. L'enregistrement d'une entrée pouvait être répétée plusieurs fois (validation par touches tactiles), ce qui entraînait une incrémentation du stock jusqu'à atteindre des niveaux anormalement élevés. La solution a consisté à mobiliser en permanence une personne pour réaliser des inventaires physiques sur une catégorie bien précise d'articles. De cette manière, on anticipait les risques de dérive au niveau du stock. Ce problème met en évidence le fait qu'une entreprise peut être équipée de systèmes de gestion informatiques performants et sophistiqués à condition que les utilisateurs connaissent parfaitement le système et aient été formés suffisamment à la maîtrise de l'outil informatique.

7. Voir chapitre 4 relatif aux classes ABC d'un stock.

Classe	Fréquence d'inventaire	Correspondance
A	1 mois	20 % des stocks représentent 80 % de la valeur du stock
B	3 mois	30 % des stocks représentent 15 % de la valeur du stock
C	6 mois	50 % des stocks représentent 5 % de la valeur du stock

Figure 9.1. *Relation classes ABC et fréquence des inventaires*

REMARQUE.– Des écarts très importants peuvent être constatés lors des inventaires, une pratique consiste à fixer des objectifs en fonction des classes ABC. Par exemple, un objectif de 2 % d'erreur peut être fixé pour l'inventaire de la classe A. En cas de dépassement de cette valeur lors de l'inventaire, on mène des actions correctives pour y remédier.

9.2.5. *Etude de cas : variation de stock et compte de résultat*

Cet exemple a pour objectif de montrer les incidences des stocks dans le compte de résultat et le bilan. La figure 9.2 présente les données d'inventaire des stocks et la figure 9.3 donne les éléments du compte de résultat. Ces données vont permettre de calculer les variations des stocks amont et aval. L'inventaire des stocks est le suivant.

Type de stock	Au 1er janvier 2004	Au 31 décembre 2004
Marchandises à revendre en l'état	1 500	1 600
Matières premières	850	800
Approvisionnements	915	1 050
Travaux en cours	1 640	1 715
Prestations en cours	50	40
Produits intermédiaires	250	450
Produits finis	2 040	1 930

Figure 9.2. *Données de l'inventaire*

Les autres éléments du compte de résultat sont les suivants.

Produits (hors variation du stock)	42 000
Achats	10 000
Salaires et charges	20 000
Autres charges	5 000
Dotations aux amortissements et provisions	3 000
Participation des salariés	1 000

Figure 9.3. *Données du compte de résultat*

Quel est le résultat au 31 décembre 2004 sachant que l'impôt sur les sociétés est de 34 % ?

Solution : calcul des variations de stock

	Stocks début – Stocks fin = Sd – Sf = variation des stocks en amont		
Stocks amont, charges	Stocks début 01 01 2004	Stocks fin 31 12 2004	Variation des stocks
Marchandises (à revendre en l'état)	1 500	1 600	– 100
Matières premières	850	800	+ 50
Approvisionnements	915	1 050	– 135

	Stocks fin – Stocks début = Sf – Sd = variation des stocks en aval		
Stocks aval, produits	Stocks fin 31 12 2004	Stocks début 01 01 2004	Variation des stocks
Travaux en cours	1 715	1 640	+ 75
Prestations en cours	40	50	– 10
Produits intermédiaires	450	250	+ 200
Produits finis	1 930	2 040	– 110

Figure 9.4. *Variations des stocks amont et aval*

Charges		Produits	
Achats	10 000	Produits	42 000
Variation des stocks de marchandises	– 100	Variation des travaux en cours	+ 75
Variation des stocks de matières premières	+ 50	Variation des prestations en cours	- 10
Variation des stocks d'approvisionnement	– 135	Variation des produits intermédiaires	+ 200
Salaires et charges	20 000	Variation des produits finis	– 110
Autres charges	5 000		
Dotations aux amortissements et aux provisions	3 000		
Participation des salariés	1 000		
Impôts sur les bénéfices	1 135,60		
Résultat	2 204,40		
	42 155		42 155

Figure 9.5. *Compte de résultat*

Côté charges

Si le stock final est supérieur au stock début, la variation de stock est négative, l'entreprise est pénalisée car les charges diminuent et les impôts augmentent. Il est préférable en amont d'avoir le stock final inférieur ou égal au stock de début.

Côté produits

On est imposé sur les stocks vendus, mais également sur les stocks de produits finis non vendus. Il est préférable en aval d'avoir également le stock final inférieur ou égal au stock de début.

On cherchera à minimiser les stocks partout, en amont et en aval de la chaîne logistique.

9.3. Conclusion

Les entreprises doivent valoriser leurs stocks ainsi que les mouvements de stock.

Grâce à l'enregistrement des mouvements de stock, l'inventaire permet de connaître, en cours d'exercice, les existants en quantités et en valeurs. L'optimisation des stocks est liée à la fréquence des inventaires, déterminée en fonction des catégories ABC.

Des méthodes de valorisation des stocks existent pour les stocks achetés, les stocks fabriqués et les stocks résiduels. En ce qui concerne les méthodes de valorisation des mouvements de stocks, des formules permettent de calculer les valeurs des entrées et des sorties de stock. Les méthodes les plus connues sont les suivantes : *first in first out* ou FIFO, *last in first out* ou LIFO, coût moyen unitaire pondéré ou CMUP. Le CMUP peut être utilisé pour les classes ABC des achats, on dispose ainsi des valeurs réelles en stock, il peut être comparé au prix standard issu du budget fixé en début d'année. Le prix standard correspond en quelque sorte à un prix théorique qui servira de base durant l'année pour vérifier si la marge réalisée est positive ou négative lors des achats en fonction de la valeur du CMUP.

Chapitre 10

Les méthodes prévisionnelles utilisées en gestion industrielle

10.1. La précision des prévisions

En matière de méthodes prévisionnelles, il existe de nombreuses possibilités pour estimer les besoins futurs. Certaines méthodes permettent de progresser notablement en précision et en fiabilité sans pour autant arriver à une fiabilité totale ou acceptable, c'est-à-dire à des écarts prévision réalisation minimes. Il arrive même que l'écart soit très important entre la prévision et la réalisation. De ce fait, certaines personnes feront remarquer qu'il est inutile de faire des prévisions si les résultats obtenus ne correspondent pas aux résultats attendus. Dans ce cas, il est bon d'expliquer que l'analyse d'un écart est possible et permettra de mieux comprendre les raisons des dérives entre le prévu et le réalisé.

Notons également que des logiciels très puissants existent pour réaliser des prévisions. Dans ce chapitre, certains exemples ont été réalisés en utilisant le logiciel Statistica en version française, puissant outil informatique permettant d'effectuer des calculs prévisionnels selon diverses méthodes comme la moyenne mobile ou le lissage exponentiel.

Si de tels outils peuvent s'avérer utiles pour réaliser des calculs de prévisions, il faut indiquer également que les résultats obtenus dépendent des données d'entrée. Ainsi, les prévisions seront fausses si les données enregistrées pour les déterminer sont erronées.

Prenons par exemple les prévisions de ventes dans les entreprises. Dans certaines sociétés, lorsque le service administration des ventes (ADV) demande aux commerciaux d'établir des prévisions pour les périodes à venir, il souhaite évidemment que ces prévisions soient les plus fiables possibles et non surévaluées. Certaines entreprises ont instauré un système d'évaluation de leurs commerciaux basé sur la qualité des prévisions. Si l'écart entre les ventes réalisées et les ventes prévisionnelles est trop élevé, le commercial a des comptes à rendre. Un écart trop important a pour effet une augmentation du stock et en conséquence peut entraîner des problèmes de trésorerie.

Nous allons aborder maintenant le principe de certaines méthodes prévisionnelles souvent utilisées. Nous considérerons que les distributions observées s'apparentent à la loi de Gauss ou loi normale. Les exemples qui vont suivre ont pour objectif de présenter les méthodes les plus courantes.

Pour aller plus loin dans les calculs de prévisions, nous renvoyons le lecteur vers des auteurs spécialisés en la matière[1] [BOU 92, GIA 88, LEW 85].

10.2. Le principe général de la méthodologie des prévisions

La figure 10.1 illustre le principe général de la méthodologie des prévisions quel que soit le thème étudié : prévision de chiffre d'affaires, de stock, de quantités à produire, etc.

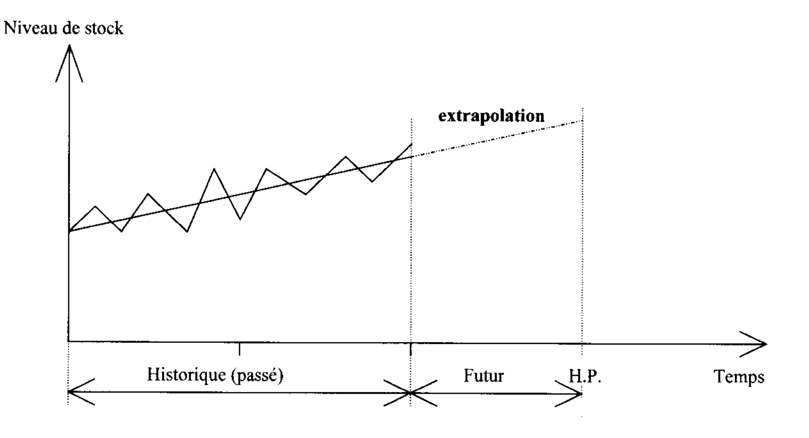


Figure 10.1. *Principe général de la méthodologie des prévisions*

1. Voir par exemple : GIARD V., *Gestion de production*, Economica, 2e édition, chapitre 10, 1988.

L'historique permet de disposer de valeurs, c'est-à-dire de relevés réalisés sur une période connue. A partir de ces relevés, on détermine une tendance dont l'allure peut varier en fonction de l'historique, cette tendance peut s'exprimer sous la forme d'une fonction mathématique. Sur la figure 10.1, il s'agit d'une tendance linéaire croissante de forme $y = at + b$ avec un coefficient directeur a positif, dans l'équation t représente la variable temps. Le calcul de cette tendance a été réalisé en appliquant la méthode des moindres-carrés adaptée aux relevés de l'historique étudié. D'autres méthodes de calcul existent et sont présentées dans les paragraphes suivants.

Une fois l'équation de la tendance connue, une extrapolation est possible sur une période de prévision. La date au plus tard de la période de prévision est appelée horizon prévisionnel HP. Cette date correspond à une limite dans le temps, au-delà de cette limite, on considère que la prévision manque de fiabilité.

La précision des prévisions est fonction des écarts constatés au niveau de l'historique. En général, la valeur la plus couramment utilisée pour évaluer la précision est l'écart-type.

Notons que dans le passé, certaines extrapolations étaient réalisées sur des périodes de plusieurs années. Le contexte économique actuel a modifié la durée de la projection dans le temps. Si une période de prévision de 5 ans pouvait paraître réaliste auparavant, aujourd'hui, une projection sur 6 mois est quelquefois trop élevée (cas d'une prévision de chiffre d'affaires par exemple).

La section suivante aborde de manière détaillée les différentes phases pour déterminer une prévision en matière de stock.

10.3. La méthodologie des prévisions appliquée aux stocks

La méthodologie des prévisions est abordée en étudiant la gestion prévisionnelle au niveau des stocks [BEA 85]. En ce qui concerne le niveau d'un stock, celui-ci ne doit pas être déterminé de manière subjective. Le développement de l'informatique et notamment des moyens de traitement de l'information permet de calculer un besoin qui se décompose en deux éléments : un niveau de stock moyen prévisionnel et un niveau de stock de sécurité prévisionnel.

$$\text{Besoin futur} = \text{moyenne prévisionnelle} + SS \qquad [10.1]$$

Pour calculer les besoins que l'on souhaite satisfaire, il faut suivre les étapes suivantes :

– disposer des historiques des observations passées, c'est-à-dire posséder les historiques relatifs aux consommations des périodes précédentes ;

– déterminer à partir de l'historique une résultante ou tendance ;

– déterminer la dispersion autour de cette tendance et l'écart-type σ prévisionnel relatif à cette dispersion ;

– déterminer la loi de distribution des observations ;

– fixer un coefficient de sécurité k en fonction du taux de service souhaité ;

– calculer le stock de sécurité en fonction du coefficient k et de l'écart-type σ prévisionnel.

Ce calcul est expliqué dans les lignes suivantes, il s'effectue en 4 phases.

10.3.1. *Les différentes phases d'analyse*

10.3.1.1. *Phase 1*

A partir des observations passées, on détermine l'évolution moyenne des mouvements du stock pour un article considéré (figure 10.2). On trace la courbe résultante par rapport à l'historique, cette courbe donne une idée de l'évolution moyenne de l'historique.

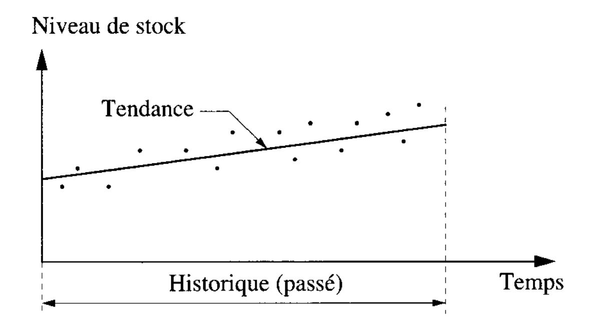


Figure 10.2. *Méthodologie des prévisions (phase 1)*

10.3.1.2. *Phase 2*

On calcule la dispersion autour de la moyenne. Cette dispersion ou étendue nous permet de calculer l'écart-type autour de cette valeur moyenne (la plupart du temps, la loi de distribution correspond à la loi de Gauss).

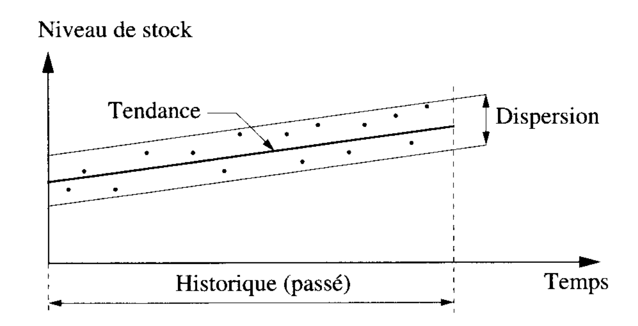


Figure 10.3. *Méthodologie des prévisions (phase 2)*

10.3.1.3. *Phase 3*

On calcule la moyenne prévisionnelle en extrapolant sur la période de prévision, c'est-à-dire sur l'horizon prévisionnel HP pour calculer la prévision moyenne des consommations. Rappelons que HP représente une date « butoir » dans le temps. Il est évident que cette valeur HP doit être réaliste, en effet, il n'est pas question de prévoir les consommations dans 5 ans à partir d'un historique sur 6 mois.

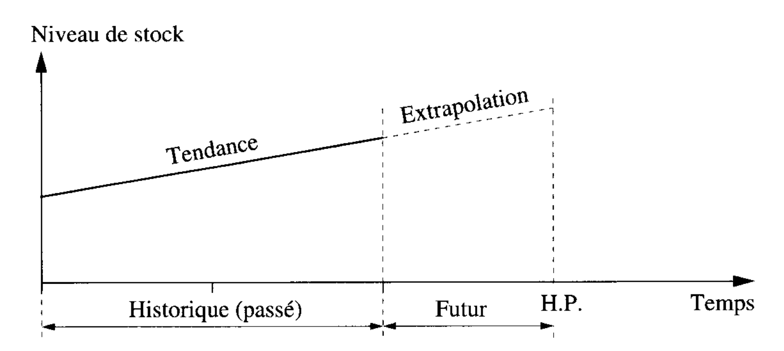


Figure 10.4. *Méthodologie des prévisions (phase3)*

10.3.1.4. *Phase 4*

Le stock de sécurité est défini à partir du coefficient de sécurité k et de l'écart-type calculé sur l'historique. La dispersion est faible sur la figure 10.5 et plus accentuée sur la figure 10.6. On tient compte de la valeur de l'écart-type prévisionnel pour déterminer le niveau de stock de sécurité plus élevé dans le deuxième cas.

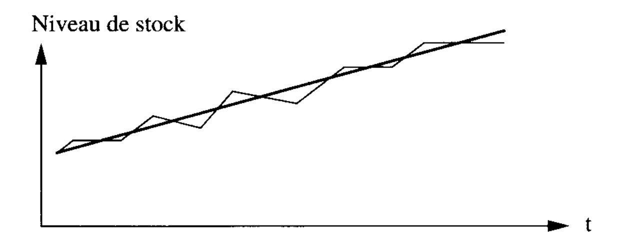


Figure 10.5. *Historique avec dispersion faible*

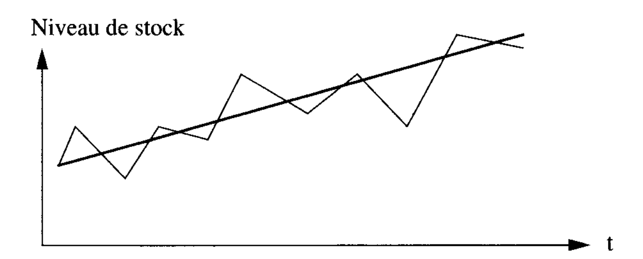


Figure 10.6. *Historique avec dispersion importante*

La valeur du stock de sécurité prévisionnel est fonction de la dispersion observée sur les valeurs du passé (historique), donc de l'écart-type mesuré. Plus l'écart-type mesuré sur le passé est élevé, plus le stock de sécurité à prévoir sera important.

10.3.2. *Les caractéristiques principales pour établir des prévisions*

Il s'agit dans cette partie de faire connaître rapidement les principaux types de modèles d'estimation disponibles.

Selon Beaulieu et Péguy [BEA 85], les caractéristiques principales sont la durée de l'historique, la valeur moyenne et de dispersion, la tendance, les coefficients saisonniers, les fréquences de sorties et les coefficients de variation.

La durée de l'historique peut être variable en fonction des informations dont on dispose, tout dépend s'il s'agit d'un article nouveau ou utilisé depuis plusieurs années.

En ce qui concerne les caractéristiques de valeur centrale, il s'agit le plus souvent de la moyenne qui peut être arithmétique simple ou mobile.

Pour les caractéristiques de dispersion, nous retenons :

– la valeur de l'écart-type σ ou racine carrée de la variance par rapport à une période d'observations donnée[2] ;

– l'écart absolu moyen EAM ou *mean absolute deviation* MAD, dans le cas d'une loi normale, on a la relation[3] : σ = 1,25 MAD.

Dans de nombreux cas, la tendance ou trend est obtenue en déterminant l'équation par la méthode des moindres-carrés.

Pour le calcul des coefficients saisonniers, la formule utilisée est la suivante :

CSi = sortie du mois i/moyenne annuelle [10.2]

L'importance de la saisonnalité est donnée par la valeur du coefficient de variation CV en utilisant la formule suivante :

CV = écart-type/moyenne [10.3]

Pour s'assurer que la période retenue est bien justifiée, on vérifie que les sorties ont lieu de façon régulière. En fonction du nombre de sorties, on choisit une période sur plusieurs semaines, mois ou trimestres. Le coefficient de variation correspond au rapport entre l'écart-type et la valeur moyenne. Plus les variations sont importantes, plus l'écart-type est élevé et plus CV est important.

10.4. Les différentes techniques d'estimation

En gestion industrielle, trois questions peuvent être posées :

– de quel historique disposons-nous pour un article ou un produit donné ?

– l'analyse de l'historique fait-elle apparaître une tendance ?

– y a-t-il une saisonnalité ?

Il existe de nombreuses techniques de prévisions qui ne sont pas abordées dans cet ouvrage. Nous retiendrons les principales utilisées en gestion industrielle, à

2. Un calcul approximatif de l'écart-type peut être obtenu à partir de la formule suivante : σ = (valeur maxi – valeur mini)/6. Dans cette formule le chiffre 6 correspond au nombre d'écarts-types.

3. Si σ = 1,25 MAD, on obtient MAD = 0,8 σ.

savoir les techniques d'analyse d'historiques qui permettent d'extrapoler jusqu'à un horizon prévisionnel.

Parmi les techniques utilisées, nous avons les techniques de traitement d'un historique dites techniques de lissage qui ont pour but le calcul des valeurs moyennes et des dispersions. Les principales techniques de lissage suivantes sont abordées : méthodes de calcul des moyennes pondérées (moyenne mobile simple, moyenne mobile pondérée), lissage exponentiel simple.

Les paragraphes suivants présentent les différents types de calculs que l'on peut être amené à effectuer.

10.4.1. *Calcul d'une tendance à partir de la méthode des moindres carrés*

La méthode est utilisée pour connaître l'équation d'une tendance par rapport à des valeurs d'historique (consommations ou ventes par exemple). Elle correspond à la technique de régression. L'équation est de forme $y = ax + b$, les coefficients fixes a et b sont déterminés par la méthode des moindres carrés qui minimise la somme des carrés des écarts entre les valeurs d'historique et les points de la droite, la somme algébrique des écarts étant nulle.

Les formules de calcul des coefficients sont :

$$X = x - \bar{x} \qquad [10.4]$$

$$Y = y - \bar{y} \qquad [10.5]$$

$$a = \frac{\sum X.Y}{\sum X^2} \qquad [10.6]$$

$$b = \bar{y} - a\bar{x} \qquad [10.7]$$

REMARQUE.– Dans le cas de ventes saisonnières, on peut appliquer la méthode du rapport mobile en prenant en compte des coefficients saisonniers. La méthode du rapport mobile consiste à calculer sur les ventes de l'année précédente, le rapport de la vente de chaque mois à la moyenne des ventes de l'année. Les coefficients calculés pour chaque mois de l'année sont utilisés pour obtenir les ventes de l'année suivante.

10.4.2. *Méthode de la moyenne mobile simple*

La méthode est adaptée à des demandes stables sans tendance qui consiste à prendre la moyenne arithmétique des n dernières années pour établir la prévision (n varie en général de 3 à 6).

Dès qu'une tendance apparaît, le modèle n'est plus vraiment adapté car la prévision prend du retard par rapport à la réalité.

En effet, les poids des variables n est le même partout, ce qui signifie qu'une brusque tendance à la hausse ou à la baisse lors de la dernière période n ne sera pas prise immédiatement en considération dans le calcul. La dispersion qui est associée à cette méthode est l'écart absolu moyen.

On transforme un graphique défini à partir de valeurs individuelles Vi en un graphique de valeurs moyennes Vmi calculées à partir d'un regroupement d'au moins 3 valeurs individuelles consécutives.

Les points sont calculés de la manière suivante (cas d'une moyenne mobile avec 3 valeurs) :

$$Vm1 = (Vi1 + Vi2 + Vi3)/3$$

$$Vm2 = (Vi2 + Vi3 + Vi4)/3 \qquad [10.8]$$

$$Vm3 = (Vi3 + Vi4 + Vi5)/3$$

10.4.3. *Méthode de la moyenne mobile pondérée*

Cette méthode consiste à donner plus d'importance aux valeurs récentes. Par exemple, contrairement à la précédente méthode qui consistait à accorder le même poids à toutes les données pour des périodes qui se situent en principe entre 3 et 6, ici, des coefficients ou poids sont attribués aux données. La somme des coefficients est égale à 1 ou 100 %.

Si, par exemple, le calcul de moyenne pondérée est effectué sur 3 périodes (mois) en appliquant les coefficients 0,1, 0,2, 0,7 ou 10 %, 20 %, 70 %, on obtient.

Période	n_1	n_2	n_3	n_4
Coefficient	10 %	20 %	70 %	
Consommation Vi	90	80	100	
Moyenne Vm				95

Prévision pour la période n_4 : 90 × 10 % + 80 × 20 % + 100 × 70 % = 95.

Ainsi, les prévisions pour la quatrième période sont réalisées en appliquant les coefficients aux données des trois périodes précédentes (dans le cas où n = 3). Cette méthode est de meilleure qualité que la précédente car elle réagit mieux à l'apparition d'une tendance mais est toujours en retard par rapport à la demande réelle. Il convient d'accorder plus de poids aux données récentes, surtout lorsqu'une tendance apparaît mais le retard sera toujours présent comme le montre le calcul suivant effectué avec non plus 10 %, 20 %, 70 % mais 5 %, 15 %, 85 %.

Prévision pour la période n_4 : 90 × 5 % + 80 × 15 % + 100 × 85 % = 97,5.

Période	n_1	n_2	n_3	n_4
Coefficient	5 %	15 %	85 %	
Consommation Vi	90	80	100	
Moyenne Vm				97,5

Les méthodes des moyennes mobiles simples et des moyennes mobiles pondérées présentent des inconvénients (une autre méthode existe qui remédie à ces problèmes en prenant en compte toutes les données de l'historique, il s'agit de la méthode du lissage exponentiel simple présentée dans le paragraphe suivant).

La méthode de la moyenne mobile pondérée est comparable à la précédente. On applique une pondération aux valeurs individuelles Vi. Chaque valeur Vi est affectée d'un poids en fonction de l'importance accordée aux observations du passé. La pondération correspond à un pourcentage qui va en diminuant avec l'ancienneté. Formules de calcul pour la moyenne mobile pondérée :

$$Vm1 = aVi1 + bVi2 + cVi3$$

$$Vm2 = aVi2 + bVi3 + cVi4 \qquad [10.9]$$

$$Vm3 = aVi3 + bVi4 + cVi5$$

La somme des coefficients est toujours égal à 1, soit a + b + c = 1 ou 100 %.

10.4.4. *Méthode du lissage exponentiel simple (absence d'évolution tendancielle et de saisonnalité)*

Son principe est le calcul d'une valeur moyenne en considérant que l'importance accordée aux observations va en déclinant avec leur ancienneté. Cette méthode est adaptée à des problèmes de gestion et très utilisée. L'avantage de cette méthode, contrairement aux précédentes, est qu'elle prend en compte, non pas un nombre réduit de données du passé, mais l'ensemble des données passées connues en accordant non pas une poids par période mais une pondération plus globale [BAG 01, GIA 03, LAS 01][4].

Le fonctionnement de la méthode du lissage exponentiel est le suivant. Considérons les données :

- P_t correspond à la prévision pour la période t ;
- D_t correspond à la demande exprimée sur la période t ;
- α correspond à la constante de lissage (α est compris entre 0 et 1).

La prévision à une période t + 1 est donc :

$$P_{t+1} = \alpha\ D_t + (1 - \alpha)\ P_t \qquad [10.10]$$

Cette équation prend en compte toutes les valeurs passées.

En effet, si l'on considère la période t – 1, on peut écrire :

$$P_t = \alpha D_{t-1} + (1 - \alpha)\ P_{t-1} \qquad [10.11]$$

Remplaçons maintenant dans l'équation 10, P_t par sa valeur en équation 11.

Si l'on raisonne de la même manière pour les périodes antécédentes t – 2, t – 3, t – 4, etc., les équations seront les suivantes. Reprenons l'équation [10.10] :

$$P_{t+1} = \alpha\ D_t + (1 - \alpha)\ P_t$$

Dans cette équation, la période t est antérieure à la période t + 1.

4. Voir BAGLIN G., BRUEL O., GARREAU A., GREIF M., *Management industriel et logistique*, 3e édition, Economica, 2001 ; GIARD V., *Gestion de la production et des flux*, 3e édition, Economica, 2003 ; LASNIER G., *Gestion industrielle et performances*, Hermès, juin 2001.

Si nous raisonnons de la même manière pour les périodes passées, nous obtiendrons :

$$P_{t-1} = \alpha\ D_{t-2} + (1-\alpha)\ P_{t-2} \qquad [10.12]$$

Dans cette équation, la période t – 2 est antérieure à la période t – 1.

Le raisonnement est identique pour les autres périodes :

$$P_{t+1} = \alpha D_t + (1-\alpha)\ [\alpha D_{t-1} + (1-\alpha)\ [\alpha D_{t-2} + (1-\alpha)\ P_{t-2}]]$$

$$P_{t+1} = \alpha D_t + \alpha(1-\alpha)\ D_{t-1} + \alpha(1-\alpha)^2\ D_{t-2} + (1-\alpha)^3\ P_{t-2}$$

et de même avec P_{t-3}, P_{t-n}.

La formule finale sera :

$$P_{t+1} = \alpha D_t + \alpha(1-\alpha)\ D_{t-1} + \alpha(1-\alpha)^2\ D_{t-2} + \alpha(1-\alpha)^3\ D_{t-3}$$

$$+ \dots\ \alpha(1-\alpha)^n\ D_{t-n} \qquad [10.13]$$

Cette équation[5] tient compte de toutes les valeurs passées sauf pour $\alpha = 0$ et $\alpha = 1$.

C'est la formule à appliquer pour étudier des prévisions par la méthode du lissage exponentiel simple.

Application pour $\alpha = 0{,}3$:

$$P_{t+1} = 0{,}3\,D_t + 0{,}3(1-0{,}3)\ D_{t-1} + 0{,}3(1-0{,}3)^2\ D_{t-2} + 0{,}3(1-0{,}3)^3\,D_{t-3} + \dots\ 0{,}3\ (1-0{,}3)^n\ D_{t-n}$$

$$P_{t+1} = 0{,}3\,D_t + 0{,}3(0{,}7)\ D_{t-1} + 0{,}3(0{,}7)^2\ D_{t-2} + 0{,}3(0{,}7)^3\ D_{t-3} + \dots\ 0{,}3\ (0{,}7)^n\ D_{t-n}$$

$$P_{t+1} = 0{,}3\ D_t + 0{,}21\,D_{t-1} + 0{,}147\,D_{t-2} + 0{,}1029\ D_{t-3} + \dots 0{,}3\ (0{,}7)^n\ D_{t-n}$$

Les multiplicateurs de données décroissent exponentiellement avec l'ancienneté n des données. Par ailleurs, la somme des coefficients $\alpha\ (1-\alpha)$ tend vers 1. Il y a

5. Notons que la somme des poids est égale à 1.

assimilation à une moyenne pondérée avec une décroissance exponentielle des coefficients. La méthode du lissage exponentiel permet de prendre en compte toutes les données en donnant un poids de plus en plus faible en fonction de l'ancienneté.

La valeur du coefficient α est décidée par le gestionnaire chargé des prévisions. S'il juge que le coefficient α doit être élevé en fonction des études réalisées sur le passé, la pondération à la dernière valeur sera grande et le système réagira plus vite. A l'inverse, si le coefficient α est faible, la dernière valeur aura moins d'importance, le système réagira moins vite. Le poids du passé est d'autant plus fort que le coefficient α est faible.

Le choix de la valeur du coefficient α est très important en fonction des mouvements de stock. Ainsi, dans le cas d'une consommation ponctuelle anormalement élevée par rapport à une demande habituellement stable, il est préférable de fixer une valeur α faible. A l'inverse, si les consommations vont en augmentant et mettent en évidence une tendance à la hausse sur des sorties récentes, il y a lieu d'augmenter la valeur du coefficient α pour qu'il prenne en compte davantage le présent. Le coefficient α peut être déterminé de manière empirique ou par la méthode des moindres carrés, sa valeur permet de régler la sensibilité du système.

10.4.5. *Méthode du lissage exponentiel double (évolution tendancielle linéaire et absence de saisonnalité)*

Le lissage exponentiel double se caractérise par une évolution tendancielle linéaire de type $y = ax + b$ et une absence de saisonnalité. Le *trend* est linéaire, aucun mouvement saisonnier n'apparaît. Dans le logiciel utilisé, deux paramètres sont nécessaires :

- le paramètre de lissage α nécessaire pour tous les modèles ;
- le paramètre de tendance γ.

10.4.6. *Méthode du lissage avec évolution tendancielle et saisonnalité (modèle de Holt et Winters)*[6]

Dans cette méthode, chaque nouvelle observation provoque une mise à jour du trend, ainsi que des coefficients saisonniers. L'avantage de cette méthode est de nécessiter un historique réduit (deux années d'observations par exemple), pour des

6. Holt est à l'origine (1958) du lissage exponentiel. Voir Giard V., *Gestion de production*, 2[e] édition, Economica, p. 845, 1988.

résultats prévisionnels assez corrects (phénomènes dont le comportement saisonnier et tendanciel est assez stable). Cette méthode est connue sous le nom de Winters ou Holt-Winters.

Le tableau (figure 10.7) présente la comparaison des différentes méthodes de lissage, on constate que le lissage exponentiel correspond à une méthode supérieure aux autres méthodes.

Méthodes	Avantages	Inconvénients
Moyenne mobile simple	Calcul rapide	Retard par rapport à la réalité, ne prend en compte qu'un nombre limité de périodes
Moyenne mobile pondérée	Qualité supérieure à la précédente du fait de la pondération	Retard par rapport à la réalité, ne prend en compte qu'un nombre limité de périodes
Lissage exponentiel	Prise en compte de l'ensemble des données connues du passé : – possibilité de traiter une chronique sans trend ni saisonnalité ; – possibilité de traiter une chronique avec trend sans saisonnalité ; – possibilité de traiter une chronique avec trend et saisonnalité (modèle de Winters ou Holt-Winters) Réaction plus adaptée à la demande Méthode très supérieure à la méthode des moyennes mobiles par le fait que l'on peut régler aisément la sensibilité du système en choisissant la constante de lissage α.	Calcul plus compliqué nécessitant un logiciel

Figure 10.7. *Avantages et inconvénients des différentes méthodes de lissage*

Il existe également le lissage auto-adaptatif qui prend en compte une correction de tendance préprogrammée. Les modèles auto-adaptatifs ne sont pas faciles à mettre en œuvre, ils nécessitent l'utilisation d'un logiciel vu les calculs complexes. Ce type de lissage doit être accompagné d'indicateurs signalant tout changement d'allure de l'historique. A tout changement d'allure doit correspondre une redéfinition de l'historique, donc de nouvelles valeurs de coefficients [BEA 88][7].

7. Voir notamment BEAULIEU J.P., PÉGUY A., *Audit et gestion des stocks*, Vuibert, p. 152, 1988.

Les logiciels permettent de réaliser des calculs de prévisions de différents types :

– prise en compte ou non du trend ;

– choix du type de trend :

- trend additif : courbe de tendance linéaire, les différences entre les prévisions successives sont à peu près constantes,

- trend multiplicatif : la courbe de tendance est exponentielle, ce qui signifie que les rapports entre deux prévisions successives sont à peu près constants.

La figure 10.8 montre les différentes possibilités offertes par un logiciel statistique pour calculer des prévisions.

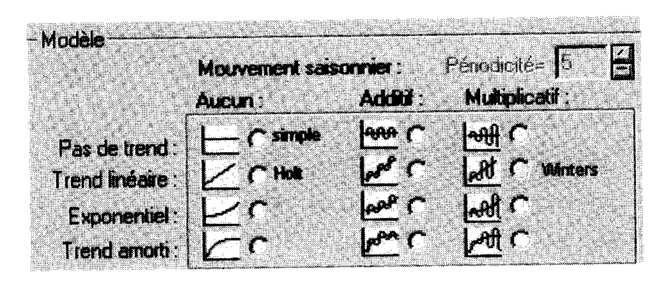


Figure 10.8. *Possibilités de choix proposés par le logiciel Statistica*

10.5. Conclusion

Le chapitre présente les différentes techniques utilisées pour calculer des prévisions : méthodes de calcul de moyenne mobile simple ou pondérée, lissage exponentiel simple (absence d'évolution tendancielle et de saisonnalité), lissage exponentiel double (évolution tendancielle linéaire et absence de saisonnalité), méthode du lissage avec évolution tendancielle et saisonnalité (modèle de Holt et Winters). Ces méthodes de prévisions sont illustrées par de nombreux exemples dans le chapitre suivant.

Chapitre 11

Les calculs de prévisions

L'objet de ce chapitre est de présenter plusieurs calculs de prévisions dont certains sont réalisés en utilisant le logiciel Statistica, pour montrer notamment l'intérêt de disposer d'un logiciel statistique.

11.1. Exemple 1 : calcul d'une tendance à partir de la méthode des moindres carrés

On détermine par cette technique l'équation d'une courbe de tendance, droite de régression qui a en général la forme $y = ax + b$ (x correspond à la durée, on utilise également la variable t).

Les observations du passé permettent d'obtenir deux coefficients a et b qui caractérisent la droite :

$$X = x - \bar{x} \quad \text{et} \quad Y = y - \bar{y} \qquad [11.1]$$

$$a = \frac{\sum X.Y}{\sum X^2} \qquad [11.2]$$

$$b = \bar{y} - a\bar{x} \qquad [11.3]$$

Nous disposons des valeurs de consommations de stock pour un article sur 6 années, nous devons prévoir les niveaux de stock pour l'année suivante.

N° année	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
Année	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Valeur	200	240	220	270	250	290

Figure 11.1. *Historique des consommations*

Déterminer la courbe de tendance et calculer les valeurs pour 2001.

Solution

Les années sont représentées par la variable x, les consommations par la variable y.

Détail des calculs

Mois	**Valeurs**	**X**	**Y**		
x_i	y_i	$x_i - \bar{x}$	$y_i - \bar{y}$	X.Y	X^2
Année	**Valeur**				
1	200	– 2,5	– 45	112,5	6,25
2	240	– 1,5	– 5	7,5	2,25
3	220	– 0,5	– 25	12,5	0,25
4	270	+ 0,5	25	12,5	0,25
5	250	+ 1,5	5	7,5	2,25
6	290	+ 2,5	45	112,5	6,25
Total = 21	Total = 1 470			Total = 265	Total = 17,5

Figure 11.2. *Calcul de l'écart-type des consommations*

Nombre d'années = n = 6.

Valeur moyenne du stock = $\bar{y}$ = 1 470/6 = 245.

x moyen = $\bar{x}$ = 21/6 = 3,5.

L'allure de l'historique des consommations est tracée à partir des données du tableau précédent.

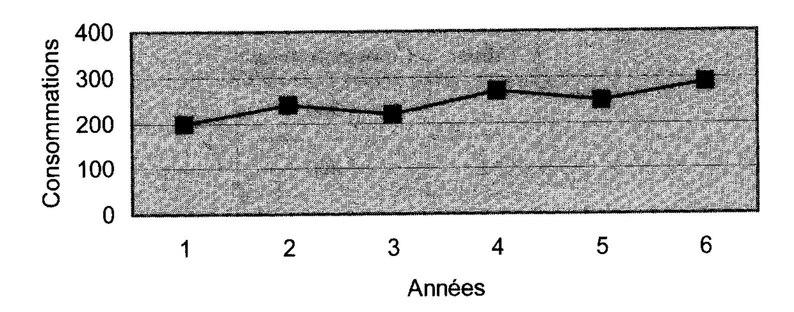


Figure 11.3. *Graphique de l'historique des consommations*

Calcul de la valeur du coefficient directeur a :

$$a = \frac{\sum X.Y}{\sum X^2} = \frac{265}{17,5} = 15,14$$

Calcul du coefficient b :

$$b = \bar{y} - a\bar{x} = 245 - (15,14 \times 3,5) = 192$$

L'équation de la droite s'écrit :

$$y = 15,14 \times + 192$$

Les prévisions de la valeur du stock en 2001 seront de l'ordre de :

$$y = 15,14\ (7) + 192 = 298$$

11.2. Exemple 2 : calcul d'une tendance (application sur logiciel Statistica)

L'historique des consommations sur une année est donnée figure 11.4.

Questions

Calculer l'équation de la tendance de forme y = ax + b.

D'abord par calcul.

En vérifiant ensuite à l'aide du logiciel Statistica.

Mois	Consommations
1	1 400
2	1 450
3	1 500
4	1 650
5	1 550
6	1 500
7	1 650
8	1 750
9	1 650
10	1 750
11	1 500
12	1 850

Figure 11.4. *Historique des consommations*

Solution

1. Tableau de calcul

Les résultats présentés dans le tableau 11.5 sont obtenus en appliquant les formules de calcul des coefficients a et b de la droite de régression.

Calcul des coefficients a et b de la droite de régression :

$$a = \frac{\sum X.Y}{\sum X^2} = 3\ 950/143 = 27{,}62$$

Calcul du coefficient b :

$$b = \overline{y} - a\overline{x} = 1\ 600 - (27{,}62 \times 6{,}5) = 1\ 420{,}47$$

L'équation de la droite s'écrit : y = 27,62 x + 1 420,47.

Mois	**Consommations**	**X**	**Y**		
x_i	y_i	$x_i - \overline{x}$	$y_i - \overline{y}$	X.Y	X^2
1	1 400	– 5,5	– 200	1 100	30,25
2	1 450	– 4,5	– 150	675	20,25
3	1 500	– 3,5	– 100	350	12,25
4	1 650	– 2,5	50	– 125	6,25
5	1 550	– 1,5	– 50	75	2,25
6	1 500	– 0,5	– 100	50	0,25
7	1 650	0,5	50	25	0,25
8	1 750	1,5	150	225	2,25
9	1 650	2,5	50	125	6,25
10	1 750	3,5	150	525	12,25
11	1 500	4,5	– 100	– 450	20,25
12	1 850	5,5	250	1 375	30,25
78	19 200			3 950	143

Nombre de mois = 12

$\overline{x}$ = 78/12 = 6,5

$\overline{y}$ = valeur moyenne du stock = 19 200/12 = 1 600

Figure 11.5. *Tableau de calcul des moindres carrés*

On compare graphiquement l'historique avec la tendance, pour cela on calcule deux points :

– si x = 1, y = 1 448,09 ;

– si x = 12, y = 1 751,91.

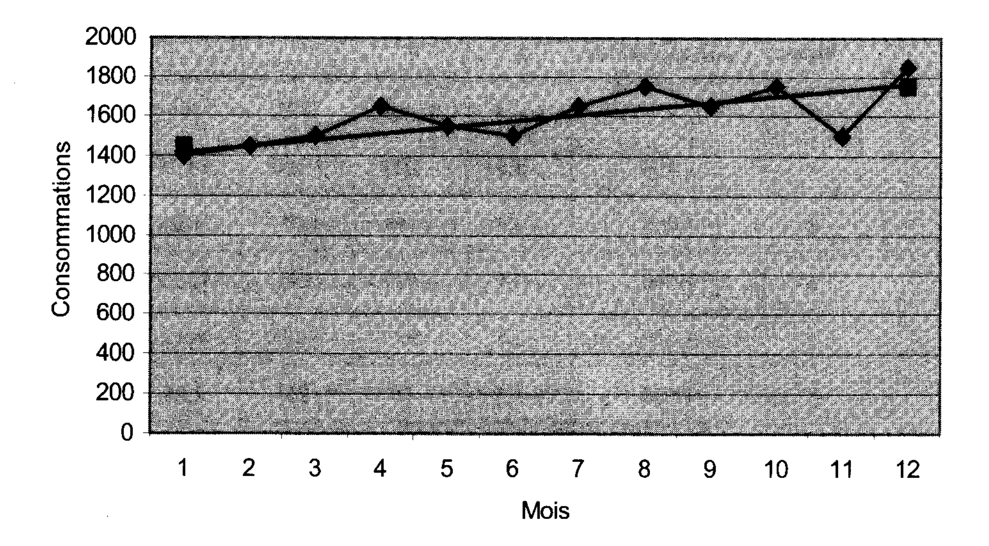


Figure 11.6. *Graphique de l'historique et de la tendance*

2. Vérification en utilisant le logiciel Statistica

Calcul fait avec le logiciel Statistica (statistiques descriptives)

La démarche est la suivante :

– entrées des données dans un fichier Statistica ;

– faire statistiques :
  - statistiques élémentaires,
  - clic sur Nuages de points/proba :
    - nuages de points en 2D,
    - mettre Var 1 en horizontal, Var 2 en vertical.

On obtient le graphique suivant (figure 11.7) sur lequel on visualise les points correspondants aux données, on remarque également que l'équation de la tendance a été calculée directement.

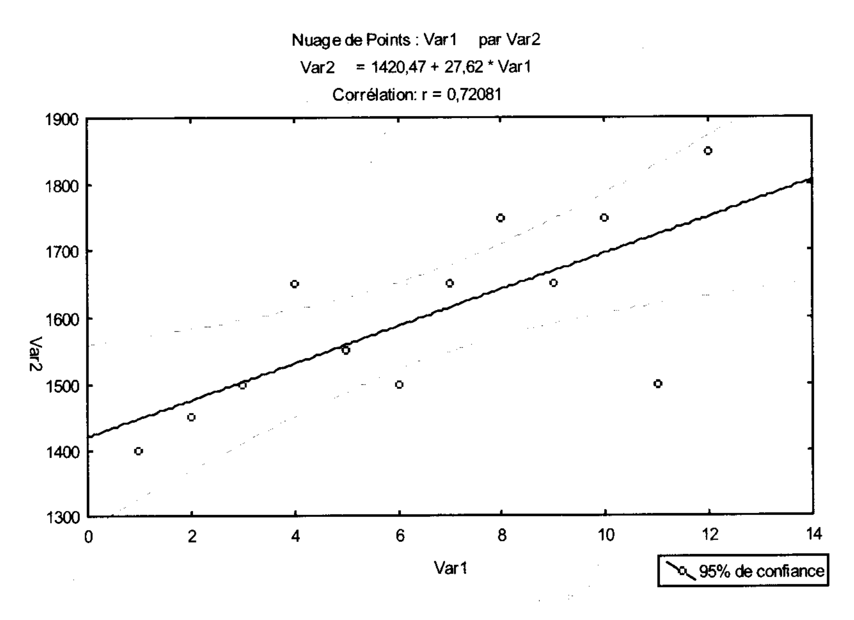


Figure 11.7. *Tracé du graphique à partir du logiciel*

3. Calcul des coefficients saisonniers

x	y	CS	Prévisions de consommations futures pour chaque mois (résultats arrondis)
1	1 400	0,87	[(27,62 × 14) + 1 420,47] × 0,87 = 1 572,22
2	1 450	0,91	[(27,62 × 15) + 1 420,47] × 0,91 = 1 669,64
3	1 500	0,93	[(27,62 × 16) + 1 420,47] × 0,93 = 1 732,02
4	1 650	1,03	[(27,62 × 17) + 1 420,47] × 1,03 = 1 946,71
5	1 550	0,96	[(27,62 × 18) + 1 420,47] × 0,96 = 1 840,92
6	1 500	0,93	[(27,62 × 19) + 1 420,47] × 0,93 = 1 809,08
7	1 650	1,03	[(27,62 × 20) + 1 420,47] × 1,03 = 2 032,05
8	1 750	1,25	[(27,62 × 21) + 1 420,47] × 1,25 = 2 060,50
9	1 650	1,03	[(27,62 × 22) + 1 420,47] × 1,03 = 2 088,95
10	1 750	1,09	[(27,62 × 23) + 1 420,47] × 1,09 = 2 240,74
11	1 500	0,93	[(27,62 × 24) + 1 420,47] × 0,93 = 1 937,51
12	1 850	1,15	[(27,62 × 25) + 1 420,47] × 1,15 = 2 427,61

Figure 11.8. *Calcul des coefficients saisonniers*

11.3. Exemple 3 : méthode de la moyenne mobile simple

Le tableau suivant (figure 11.9) donne les valeurs de consommations sur une année. On pourrait calculer la moyenne des 3, 6 ou 12 derniers mois et retenir ce chiffre comme valeur probable de la consommation.

On demande de calculer la moyenne mobile sur trois mois à partir des données suivantes.

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Consommations	100	85	110	90	80	100	105	95	120	110	115	125

Figure 11.9. *Consommations sur une année*

Solution

Les calculs des prévisions sont présentés dans le tableau (figure 11.10), le point de départ se situe au mois de janvier.

Mois	**Consommations**	**Prévision n° 1**
Janvier	100	
Février	85	
Mars	110	
Avril	90	(100 + 85 + 110)/3 = 98,3
Mai	80	(85 + 110 + 90)/3 = 95
Juin	100	93,3
Juillet	105	90
Août	95	95
Septembre	120	100
Octobre	110	106,6
Novembre	115	108,3
Décembre	125	115

Remarque.– Le raisonnement à tenir est le suivant : « je suppose être le 1er avril, je calcule par rapport aux données des 3 mois précédents ».

Figure 11.10. *Calcul de la moyenne mobile simple*

La courbe de la prévision par le calcul de la moyenne mobile non pondérée sur 3 mois est définie à partir des calculs précédents.

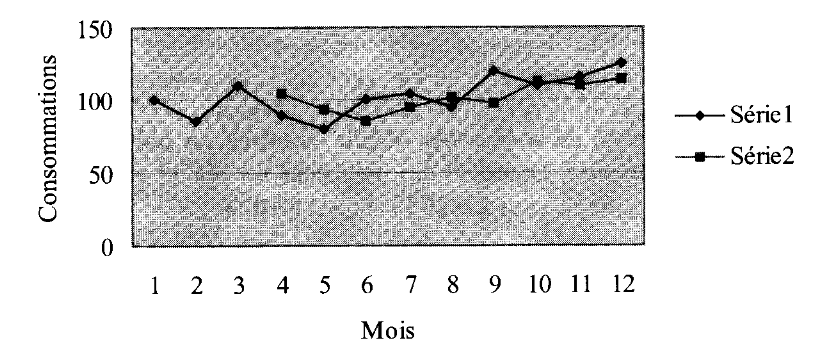


Figure 11.11. *Courbe de prévision par le calcul de la moyenne mobile*

Le tracé de la courbe illustre bien le lissage obtenu en appliquant le calcul de la valeur mobile aux valeurs de consommations indiquées. On constate également que les variations saisonnières se trouvent elles aussi lissées en appliquant le calcul de la moyenne sur 3 mois. La date du jour est le 1er avril, on se base sur les consommations des 3 mois précédents pour calculer les prévisions sur avril.

11.4. Exemple 4 : méthode de la moyenne mobile pondérée

La méthode de la moyenne mobile pondérée consiste à affecter d'un poids, c'est-à-dire d'un coefficient, les consommations selon les mois.

On accorde par exemple plus d'importance au dernier mois en appliquant un poids de 70 %. Les valeurs vont en décroissant dans le passé, ainsi, le mois 2 est affecté d'un coefficient égal à 20 % et le mois 3 d'un coefficient de 10 %. La somme des coefficients doit bien sûr être égale à 1 ou 100 %.

On demande de calculer la moyenne mobile pondérée à partir des pourcentages indiqués, c'est-à-dire 10 % pour le mois 1, 20 % pour le mois 2 et 70 % pour le mois 3.

Les données sont identiques à l'exemple précédent.

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Consommations	100	85	110	90	80	100	105	95	120	110	115	125

Figure 11.12. *Consommations sur une année*

Solution

On effectue le calcul de la moyenne mobile pondérée sur trois mois pour des consommations mensuelles. Le calcul des prévisions est réalisé en appliquant les coefficients : mois 1 = 10 %, mois 2 = 20 %, mois 3 = 70 %.

Mois	**Consommations**	**Prévision n° 2 (moyenne mobile pondérée sur 3 mois : 10 %, 20 %, 70 %)**
Janvier	100	
Février	85	
Mars	110	
Avril	90	$0{,}1 \times 100 + 0{,}2 \times 85 + 0{,}7 \times 110 = 104$
Mai	80	$0{,}1 \times 85 + 0{,}2 \times 110 + 0{,}7 \times 90 = 93{,}5$
Juin	100	$0{,}1 \times 110 + 0{,}2 \times 90 + 0{,}7 \times 80 = 85$
Juillet	105	$0{,}1 \times 90 + 0{,}2 \times 80 + 0{,}7 \times 100 = 95$
Août	95	$0{,}1 \times 80 + 0{,}2 \times 100 + 0{,}7 \times 105 = 101{,}5$
Septembre	120	$0{,}1 \times 100 + 0{,}2 \times 105 + 0{,}7 \times 95 = 97{,}5$
Octobre	110	$0{,}1 \times 105 + 0{,}2 \times 95 + 0{,}7 \times 120 = 113{,}5$
Novembre	115	$0{,}1 \times 95 + 0{,}2 \times 120 + 0{,}7 \times 110 = 110{,}5$
Décembre	125	$0{,}1 \times 120 + 0{,}2 \times 110 + 0{,}7 \times 115 = 114{,}5$

Figure 11.13. *Calcul de la moyenne mobile pondérée*

La courbe de la prévision par le calcul de la moyenne mobile pondérée sur 3 mois est définie à partir des calculs précédents.

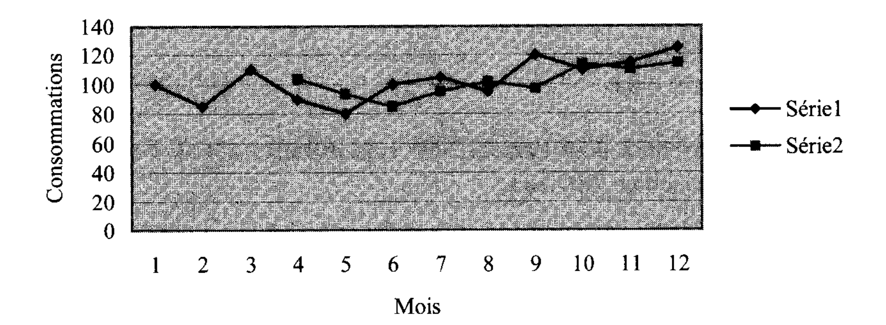


Figure 11.14. *Calcul de la moyenne mobile pondérée*

Comme pour l'exemple précédent (méthode de la moyenne mobile simple), le tracé de la courbe illustre le lissage obtenu en appliquant le calcul de la moyenne mobile pondérée sur 3 mois (mois 1 = 10 %, mois 2 = 20 %, mois 3 = 70 %).

11.5. Exemple 5 : méthode du rapport mobile

Dans le cas de ventes saisonnières, la méthode du rapport mobile consiste à calculer un coefficient saisonnier pour chaque mois de l'année à partir des données de la période étudiée. On utilise ensuite ce coefficient saisonnier pour estimer les ventes de l'année suivante.

Soit une entreprise où la moyenne des ventes a été de 350 par mois durant l'année 1999. Les quantités vendues se sont élevées à 490 en janvier 1999 et à 280 en juillet 1999.

Calculer l'estimation des ventes en janvier 2000 et en juillet 2000 sachant que l'estimation moyenne des ventes est prévue à 420 par mois pour l'année 2000.

Solution

La moyenne des ventes a été de 350 par mois durant l'année 1999.

En janvier 1999, les ventes ont été de 490, soit un coefficient saisonnier de :

CS = 490/350 = 1,4

Mais en juillet 1999, les ventes n'ont été que de 280, soit un coefficient saisonnier de :

CS = 280/350 = 0,8

Les ventes moyennes pour l'année 2000 sont estimées à 420, l'estimation des ventes en janvier et juillet 2000 sera :

Est (janvier 2000) = 420 × 1,4 = 588

Est (juillet 2000) = 420 × 0,8 = 336

11.6. Exemple 6 : prise en compte des coefficients saisonniers

Dans une entreprise, sur une période de 6 mois, les consommations mensuelles ont été les suivantes.

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin
Quantité consommée	500	460	440	450	450	520

Figure 11.15. *Consommations sur 6 mois*

A partir des données du tableau, déterminer les valeurs des coefficients saisonniers.

Solution

La moyenne des consommations sur la période de 6 mois a pour valeur :

(500 + 460 + 440 + 450 + 450 + 520)/6 = 470

Le calcul du coefficient saisonnier CS de janvier correspond au rapport de la quantité consommée en janvier divisée par la valeur moyenne des consommations :

CS janvier = 500/470 = 1,06

Le calcul s'effectue de la même manière pour les autres coefficients saisonniers, les résultats sont indiqués dans le tableau de la figure 11.16.

Mois	Janvier	février	Mars	Avril	Mai	Juin
Quantité consommée	500	460	440	450	450	520
Coefficient saisonnier	1,06	0,97	0,93	0,95	0,95	1,1

Figure 11.16. *Calcul des coefficients saisonniers*

11.7. Exemple 7 : étude des coefficients saisonniers mensuels

Les demandes mensuelles sont indiquées dans le tableau ci-dessous (figure 11.17). On demande de calculer les coefficients saisonniers de chaque mois par rapport à la moyenne annuelle.

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Demande 1998	920	910	600	870	970	1 000	1 000	1 050	1 400	1 080	1 100	1 100

Figure 11.17. *Tableau des demandes mensuelles*

Solution

Le total des demandes sur l'année s'élève à 12 000, ce qui correspond à une moyenne mensuelle de 12 000/12 = 1 000.

Les coefficients saisonniers se calculent par rapport à cette valeur moyenne.

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Demande 1998	920	910	600	870	970	1 000	1 000	1 050	1 400	1 080	1 100	1 100
CS 1998	0,92	0,91	0,6	0,87	0,97	1	1	1,05	1,4	1,08	1,1	1,1

Figure 11.18. *Calcul des coefficients saisonniers*

Les calculs s'effectuent de la manière suivante :

– pour janvier, CS = 920/1 000 = 0,92,

– pour février, CS = 910/1 000, etc.

On constate nettement que deux mois font l'objet de coefficients saisonniers particuliers. Il s'agit du mois de mars où le coefficient saisonnier est de 0,6 et du mois de septembre avec un coefficient de 1,4. On en tiendra compte pour le calcul de prévision de l'année suivante.

Le graphique 11.19 illustre les variations saisonnières durant ces deux mois.

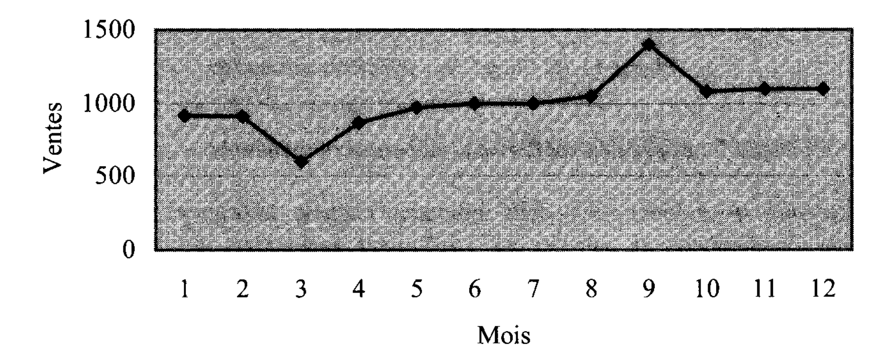


Figure 11.19. *Graphique des demandes avec variations saisonnières*

11.8. Exemple 8 : méthode du lissage exponentiel simple

La tableau 11.21 (première colonne) donne les valeurs des consommations mensuelles pour un article x en magasin. On établit les prévisions mensuelles par rapport aux consommations.

Calculer les prévisions à partir de la méthode du lissage exponentiel en utilisant le logiciel Statistica et en appliquant au coefficient α différentes valeurs (0,1, 0,5, 0,9), cette méthode se caractérise par une absence de trend et de saisonnalité.

Solution

Les résultats montrent l'influence du coefficient α, les calculs de prévisions ont été effectués avec le logiciel Statistica.

Le tableau présenté sur la figure 11.20 montre la possibilité de sélectionner différents types de trend ainsi que les valeurs des coefficients alpha (α), gamma (γ), delta (δ)[1].

1. Alpha (α) nécessaire à tout modèle, gamma (γ) paramètre de la tendance, delta (δ) facteur saisonnier. Différents exemples sont présentés, les explications détaillées sont disponibles en utilisant le logiciel Statistica. Voir également GIARD V., *Gestion de la production et des flux*, 3e édition, Economica, 2003.

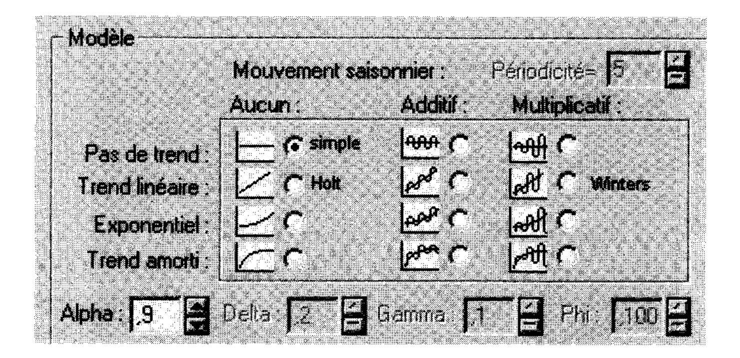


Figure 11.20. *Sélection du coefficient Alpha*

Valeurs des consommations mensuelles	Alpha = 0,1	Alpha = 0,5	Alpha = 0,9
1 000,00	1 087,50	1 087,50	1 087,50
850,00	1 078,75	1 043,75	1 008,75
1 100,00	1 055,87	946,87	865,88
900,00	1 060,28	1 023,43	1 076,59
800,00	1 044,25	961,71	917,66
1 000,00	1 019,83	880,85	811,77
1 100,00	1 017,85	940,43	981,18
950,00	1 026,06	1 020,21	1 088,12
1 200,00	1 018,45	985,10	963,81
1 300,00	1 036,61	1 092,55	1 176,38
1 350,00	1 062,95	1 196,27	1 287,64
1 500,00	1 091,65	1 273,13	1 343,76

Figure 11.21. *Exemple de calcul de lissage exponentiel simple*

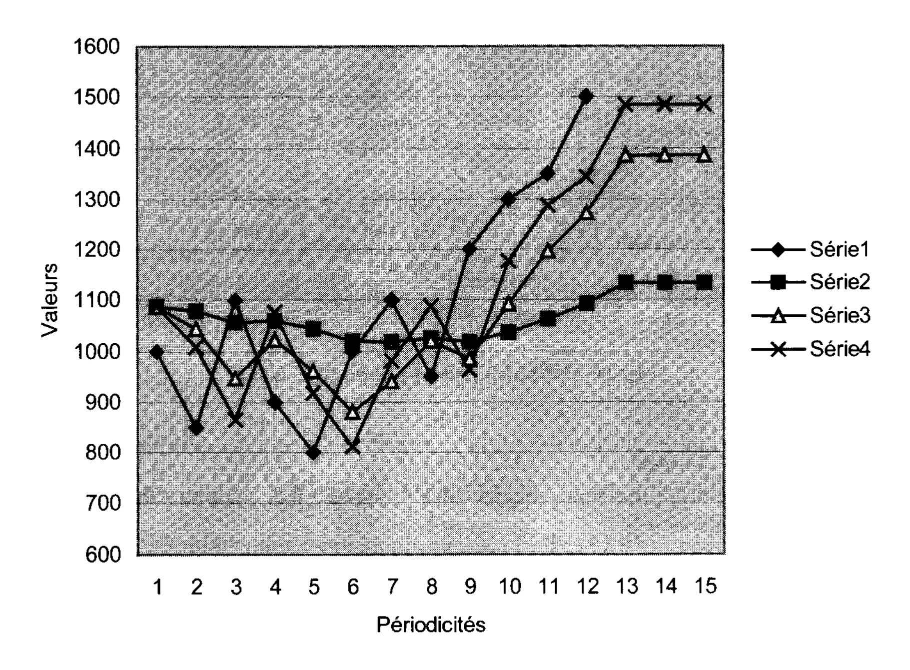


Figure 11.22. *Méthode du lissage exponentiel simple (absence de trend et de saisonnalité)*

11.9. Exemple 9 : méthode du lissage exponentiel double (évolution tendancielle linéaire et absence de saisonnalité)

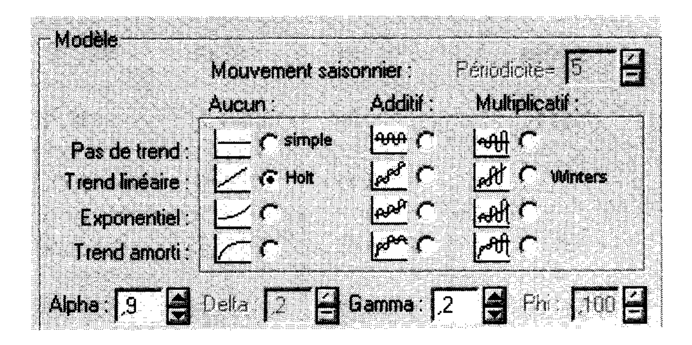


Figure 11.23. *Sélection des facteurs alpha et gamma dans le cas du lissage exponentiel double*

Nous avons vu que le lissage exponentiel double se caractérisait par une évolution tendancielle linéaire de type y = ax + b et une absence de saisonnalité (trend linéaire et aucun mouvement saisonnier).

La figure 11.23 montre qu'en plus du coefficient α sélectionné, nécessaire à tout modèle, un deuxième coefficient apparaît pour prendre en compte l'évolution de la tendance linéaire, il s'agit de γ (gamma), paramètre de la tendance.

Variable	**Alpha 0,1 gamma 0,2**	**Alpha 0,5 gamma 0,2**	**Alpha 0,9 gamma 0,2**
1 000,00	1 022,727	1 022,727	1 022,727
850,00	1 065,455	1 054,545	1 043,636
1 100,00	1 084,600	975,000	875,873
900,00	1 127,139	1 072,727	1 124,439
800,00	1 140,881	1 004,318	928,897
1 000,00	1 136,432	899,682	796,141
1 100,00	1 149,698	957,395	999,560
950,00	1 170,644	1 050,513	1 127,981
1 200,00	1 170,083	1 012,020	973,787
1 300,00	1 195,176	1 136,572	1 224,086
1 350,00	1 229,856	1 265,190	1 352,780
1 500,00	1 268,471	1 362,981	1 410,149
	1 322,856	1 500,578	1 567,059
	1 354,087	1 569,665	1 643,104
	1 385,318	1 638,753	1 719,148

Figure 11.24. *Exemple de calcul du lissage exponentiel double*

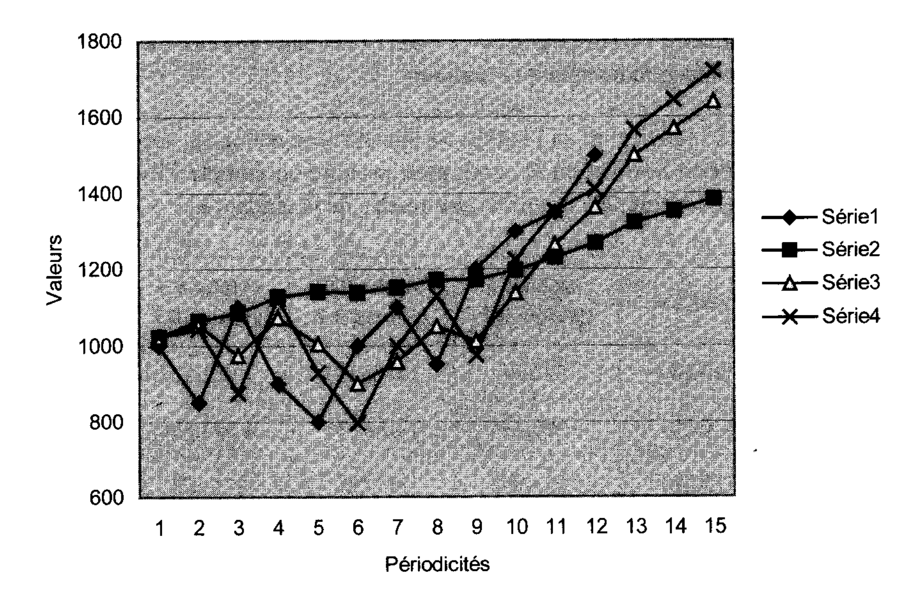


Figure 11.25. *Méthode du lissage exponentiel double (évolution tendancielle linéaire et absence de saisonnalité)*

11.10. Exemple 10 : méthode du lissage avec évolution tendancielle et saisonnalité (modèle de Holt et Winters)

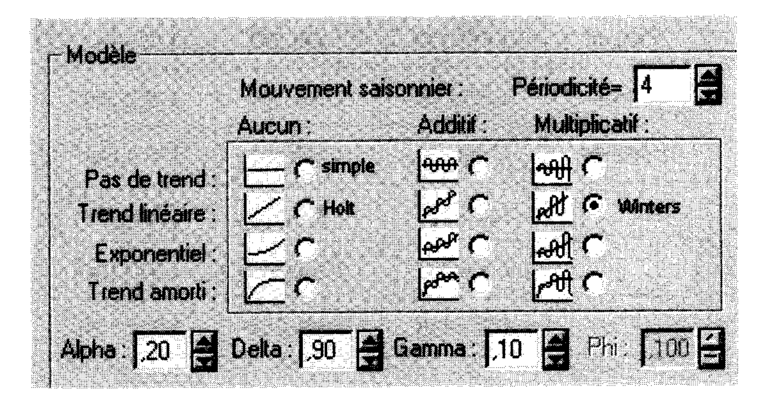


Figure 11.26. *Sélection des facteurs alpha, delta et gamma dans le cas du Modèle de Holt et Winters*

Valeur	Série lissée
1 000,00	992,84
2 000,00	1 568,77
1 800,00	1 867,22
4 000,00	5 583,03
1 200,00	1 368,67
2 300,00	2 423,38
2 100,00	2 167,26
5 200,00	5 112,08
1 450,00	1 521,06
2 500,00	2 856,35
2 000,00	2 519,57
6 000,00	5 853,51
1 600,00	1 643,39
2 200,00	2 878,65
2 500,00	2 281,77
7 500,00	6 733,31
1 800,00	1 842,33
2 400,00	2 690,27
3 400,00	2 833,38
9 800,00	8 613,72
2 000,00	2 151,95
2 800,00	2 907,07
3 900,00	3 836,67
12 300,00	10 800,17
2 300,00	2 327,01
3 200,00	3 257,41
4 400,00	4 478,56
17 500,00	13 549,28
	2 716,59
	3 795,42
	5 239,06
	19 317,57

Figure 11.27. *Exemple de cálcul de lissage avec évolution tendancielle et saisonnalité*

Dans cette méthode, chaque nouvelle observation provoque la mise à jour du trend et des coefficients saisonniers (conditions d'utilisation : comportement saisonnier et tendanciel stable). Cette méthode est très utilisée dans le cas de prévisions automatiques pour de nombreuses références d'articles. Trois paramètres sont utilisés, le paramètre de lissage α nécessaire pour tous les modèles, le facteur saisonnier δ et le paramètre de tendance γ.

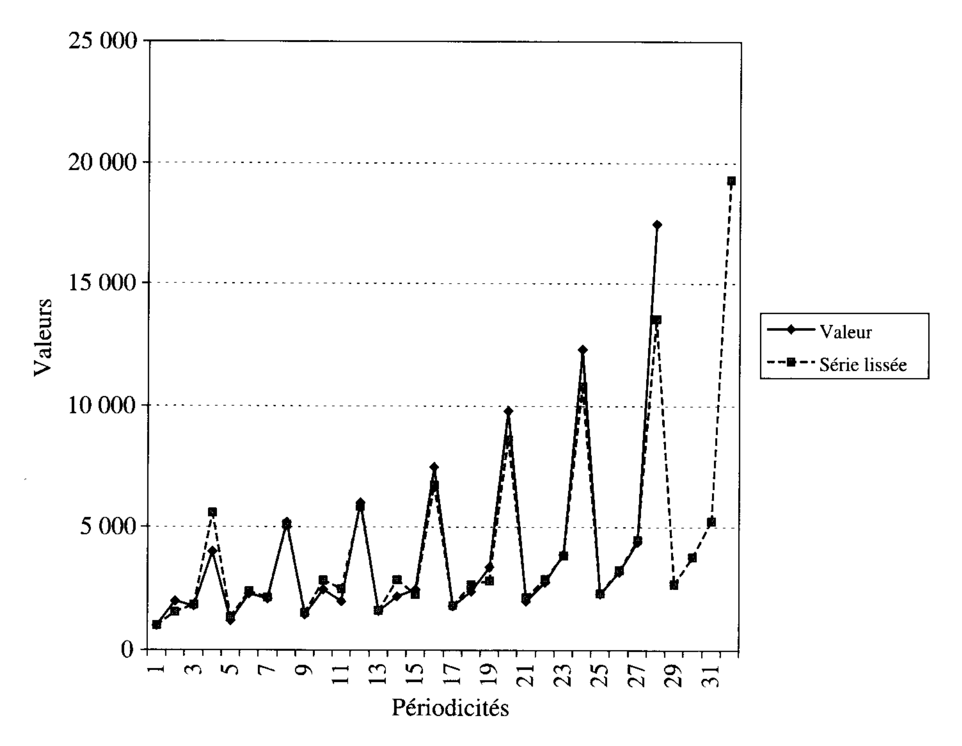


Figure 11.28. *Méthode de lissage avec évolution tendancielle et saisonnalité (modèle de Holt et Winters)*

11.11. Conclusion

On notera que la méthode du lissage exponentiel est l'une des méthodes les plus précises. En effet, l'environnement économique actuel ne permet plus de raisonner sur du long terme ou de faire des prévisions sur des périodes trop importantes. Les calculs se font souvent en se basant sur des historiques courts, le lissage exponentiel offre l'avantage de définir une constante de lissage α dont la valeur peut évoluer en fonction des fluctuations constatées.

Notons également la possibilité de réaliser des prévisions de type Holt et Winters en prenant en compte des coefficients de tendance γ et de saisonnalité δ. Précisons également que les derniers exemples sont présentés dans un but d'information pour montrer les performances élevées d'un logiciel statistique, la précision des calculs et des courbes obtenues.

Chapitre 12

Les concepts d'e-logistique pour l'optimisation des approvisionnements et des stocks

Dans ce chapitre, l'accent a été mis principalement sur les techniques et les concepts utilisés dans la chaîne logistique globale pour optimiser les approvisionnements et les stocks dans le flux amont-aval. Il est indispensable aujourd'hui de connaître ces méthodes et celles à venir.

12.1. Qu'est-ce que la chaîne logistique globale ?

Le management global de la chaîne logistique se traduit en anglais par *supply chain management*. Le *supply chain management* ou SCM permet de livrer plus vite des produits mieux adaptés aux consommateurs. Dans la chaîne qui va du fournisseur au consommateur final, les échanges d'informations sont permanents : l'entreprise communique avec ses fournisseurs, ses transporteurs, ses distributeurs, ses clients.

La notion de chaîne logistique globale est apparue avec la volonté de fidéliser le client. Il s'agit pour l'entreprise de se démarquer de la concurrence en optimisant les ressources de manière à réduire les coûts d'approvisionnement, de production et de distribution. Les flux sont désormais tirés par le consommateur final qui souhaite être livré le plus rapidement possible. Les délais de plus en plus courts obligent l'entreprise à faire preuve de flexibilité et de réactivité pour répondre à la demande du marché. L'objectif du SCM est de livrer le bon produit au bon moment et au

meilleur coût en coordonnant les activités et les flux depuis les fournisseurs et sous-traitants jusqu'au client final.

12.2. La démarche ECR

Les différents acteurs de la chaîne logistique ont compris qu'il fallait évoluer vers un travail en commun pour satisfaire les besoins du client, qu'il fallait désormais décloisonner les différents éléments de la chaîne logistique, supprimer les frontières entre les différentes fonctions. La démarche ECR (*efficience consumer response*) permet de répondre à ces besoins.

Comme le montre la figure 12.1, une chaîne est constituée de maillons, les maillons sont reliés entre eux et toute action sur un maillon entraîne obligatoirement des conséquences sur les autres maillons.

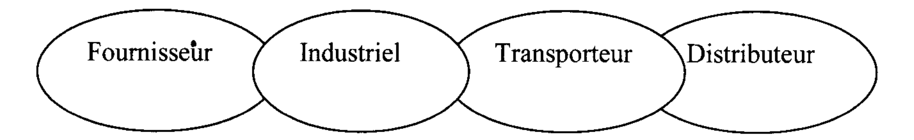


Figure 12.1. *La liaison des différents maillons de la chaîne logistique pour une meilleure efficacité*

Le principe ECR, qui se traduit en français par réponse efficace au consommateur, est né en 1992 sous l'impulsion du Food Marketing Institute [DOR 01]. L'objectif de l'ECR est de rationaliser la chaîne de distribution de manière à augmenter la valeur apportée aux clients tout en limitant les coûts inhérents à cette rationalisation. Au travers de la démarche ECR, on vise la satisfaction du consommateur.

Les deux objectifs principaux sont les suivants :

– la réduction des coûts : il s'agit d'un travail d'identification des dysfonctionnements entre distributeur et producteur qui vont étudier les possibilités d'économie commune par des actions d'amélioration. Les sources principales de défauts se situent en général au niveau des opérations physiques et administratives ;

– la dynamisation commerciale : l'idée première est d'évoluer d'une logique de coûts à une logique de gain entre producteur et distributeur. On cherche à aller au-delà de la coopération logistique (exemple : introduction de produits nouveaux).

12.3. Les systèmes d'information et de communication EDI et Internet

La gestion des flux tout au long de la chaîne logistique s'effectue par l'intermédiaire de l'informatisation des données (EDI). ou d'Internet. Ces systèmes d'échanges de données permettent aux différents éléments de la chaîne logistique (fournisseur, entreprise, distributeur, transporteur) d'échanger des informations. Les prévisions, les informations concernant les ventes et les productions sont partagées sur les réseaux informatisés. L'EDI permet de coordonner et d'optimiser l'organisation et le fonctionnement des différentes entreprises partenaires.

EXEMPLE.– Le fournisseur peut consulter régulièrement les fichiers de son client pour connaître les quantités à livrer. Il en est de même avec le transporteur qui va consulter les livraisons à effectuer à partir de sa plate-forme, lieu de stockage intermédiaire.

12.4. Les concepts e-logistique, *e-supply chain*, *e-procurement*

L'e-logistique concerne le commerce B-to-C, que l'on traduit par *business to consumer* et qui désigne les opérations d'entreposage, de préparation de commandes, de livraison des sites marchands à destination du grand public.

L'*e-supply chain* est un concept développé dans le cadre du commerce B-to-B, que l'on traduit par *business to business* ou échanges interentreprises sur le net. La chaîne logistique globale ou *e-supply chain* désigne l'ensemble des outils et des actions mises en œuvre supportés par la technologie Internet pour produire une marchandise dans les meilleurs délais et au meilleur coût. L'objectif de l'*e-supply chain* est de réduire les stocks, de mutualiser le transport, d'améliorer le service client à partir du réseau Internet. La chaîne logistique globale doit permettre de produire et délivrer la marchandise dans un souci de respect du délai, des coûts et de la qualité en reliant entre eux les différents maillons de la chaîne d'approvisionnement (ventes, production, entrepôts, transporteurs et distributeurs).

L'*e-procurement* concerne la gestion des achats en ligne, ce qui correspond à l'automatisation et la formalisation de la gestion des achats et des approvisionnements d'une entreprise par le biais d'Internet. L'*e-procurement* se fait souvent *via* les places de marchés, c'est-à-dire les sites portails exclusivement réservés au commerce interentreprises et dont l'objectif est de faciliter la mise en relation entre acheteurs et vendeurs, l'objectif principal est l'économie de processus.

L'*e-procurement* est actuellement l'un des meilleurs moyens d'accroître le bénéfice d'une entreprise. La mise en action de tous les outils de *e-procurement* peut entraîner une réduction des coûts d'achats de l'ordre de 10 à 20 %.

12.5. L'utilisation de l'*e-sourcing*

L'*e-sourcing* a pour vocation d'optimiser l'amont de l'achat en standardisant et automatisant la recherche, la sélection et la négociation avec les fournisseurs. Il s'agit d'améliorer la qualité de l'information de l'acheteur professionnel et l'augmentation de sa productivité. Dans certains cas, la négociation finale peut prendre la forme d'une enchère inversée en ligne. L'économie générée tient principalement à la baisse des coûts d'acquisition. Grâce à l'*e-sourcing*, le fait de diminuer les coûts d'acquisition sur un cycle d'achat correspond à du temps gagné pour un autre cycle d'achat.

Quel est le déroulement de l'achat « e-sourcé » ?

Que l'on utilise ou non les nouvelles technologies, le processus reste le même. Néanmoins, l'utilisation des nouvelles technologies permet d'accélérer certains processus. Le début du cycle commence par la collecte des informations concernant l'achat à réaliser, ce qui amène au choix de la stratégie en fonction du type d'achat. Les solutions d'*e-sourcing* permettent de dégager une liste de fournisseurs motivés qui sont évalués en fonction de différents critères. Après optimisation du cahier des charges, viennent les négociations ou enchères. Une fois les fournisseurs sélectionnés, l'*e-sourcing* offre un gain en temps et en organisation indéniable. Le cycle se termine avec la mise en place de l'achat : élaboration du contrat, mise en place d'indicateurs de performance (taux de service, taux de qualité, etc.). Les fournisseurs retenus seront ensuite évalués régulièrement.

*Les avantages de l'*e-sourcing

A long terme, l'*e-sourcing* sert à optimiser les pratiques d'achat et d'approvisionnement. Le premier résultat remarquable est évidemment le gain de temps dans le cycle de l'achat. Normalement, c'est le coût complet de chaque achat qui s'en trouve réduit. L'utilisation de l'*e-sourcing* peut générer des réductions de 25 % à 50 % du coût de l'achat en fonction de l'activité de l'entreprise et des types de besoins, ainsi qu'une réduction de l'ordre de 50 % du cycle de recherche du fournisseur. Par exemple, pour des approvisionnements destinés au secteur de l'imprimerie effectués dans des pays de l'est en 2004, la réduction constatée pouvait aller jusqu'à 80 %, coût du transport compris. On peut considérer, à partir de l'instant

où le poste achat dans une entreprise est très important, que la possibilité de gain substantiel est fortement probable.

*Quelle est la principale application de l'*e-sourcing *?*

Un des gros avantages conférés par l'*e-sourcing* est l'optimisation des enchères fournisseurs. Ces enchères sont appelées inversées car ce sont les fournisseurs qui y sont en concurrence pour vendre, et non pas pour acheter. Dans un processus classique, il est souvent difficile pour une entreprise de négocier avec plusieurs fournisseurs en même temps. Le facteur temps devient un critère de performance, une enchère bien préparée va permettre à l'acheteur de négocier avec plusieurs fournisseurs en moins de temps qu'il ne fallait avant pour négocier avec un seul. Pour une réussite totale, la préparation de l'enchère est primordiale.

Même si la recherche et la sélection des fournisseurs se font selon le processus classique (préciblage, recherche de fournisseurs potentiels, analyse multicritère, audit, etc.), l'enchère permet de retenir un nombre plus important de fournisseurs. Quelques étapes de cette préparation sont indispensables comme par exemple l'optimisation du cahier des charges, le paramétrage de l'outil d'enchère ou la motivation des fournisseurs.

12.6. La complexité des outils utilisés dans la chaîne logistique

Des outils complexes sont utilisés en relation avec Internet pour prévoir, planifier et distribuer. Pour établir des modèles d'optimisation, les industriels utilisent des méthodes adaptées, de puissants systèmes complexes de planification de la chaîne logistique, des outils informatiques d'aide à la décision.

Quelques exemples :

– APS ou *advanced planning scheduling*, utilisés pour effectuer des calculs compliqués, ces programmes prennent en compte l'ensemble des informations en provenance des fournisseurs, distributeurs ou transporteurs par l'intermédiaire du réseau Internet. Les progiciels d'APS sont destinés à optimiser le travail collaboratif interentreprise ;

– CPFR ou *collaborative planning and forecasting replenishment*, méthode de gestion partagée des prévisions de ventes et des programmes d'approvisionnement en utilisant la technologie Internet ;

– GPA ou gestion partagée des approvisionnements, consiste à calculer les besoins à partir des informations de stocks et ventes en provenance du distributeur. Les avantages sont les suivants : réduction des stocks, optimisation du remplissage

du camion, réduction des coûts de transport, réduction des ruptures en entrepôts/ magasins, anticipation des flux produits : production et logistique ;

– *cross-docking* : cette technique d'ECR, connue également sous le nom de commandes alloties ou d'éclatement sur plate-forme, est liée à la gestion des approvisionnements qui est assurée par le fournisseur à partir des données d'entrepôt. L'objectif est de regrouper les fournisseurs afin de massifier les flux de marchandises et ainsi d'optimiser le remplissage d'une unité logistique tout en minimisant le coût d'accès à l'entrepôt. La démarche tend à réduire les stocks sur la *supply chain* tout en préservant la disponibilité du produit en linéaire, en partant du besoin du consommateur.

Il existe deux types de *cross-docking* :

- préallotissement par l'industriel ou commande allotie (*pre-packed cross-docking*),
- allotissement par le distributeur ou éclatement sur plate forme (*intermediate handling cross-docking*).

L'utilisation du *cross-docking* permet de réduire les stocks donc la surface de stockage, de réduire le nombre de points de stockage dans l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement, de baisser les coûts logistiques du fait de la disparition de la gestion du stock et des manutentions, d'augmenter la durée de vie du produit en linéaire, d'augmenter la disponibilité du produit, de gagner en moyenne de 20 % sur la durée de stockage d'un produit sur toute la chaîne ;

– SCE ou *supply chain execution*, outils d'exécution de la chaîne logistique fonctionnant en temps réel, qui couvrent la distribution des produits. Les fonctions principales sont : gestion avancée des commandes, de l'entreposage et du transport. Le but est d'apporter une réponse immédiate à une demande complexe des clients en termes de volumes ou de délais par exemple et en optimisant les niveaux de stocks et les seuils de réapprovisionnement.

12.7. Conclusion

Ces nombreux outils sont de plus en plus utilisés, on cherche désormais à suivre en temps réel les fabrications, on ne veut plus constater un écart en fin de parcours, il s'agit désormais d'anticiper pour éviter tout retard. L'objectif est le suivant : faire respecter les délais de livraison, faire livrer les quantités commandées, diminuer les temps d'approvisionnement des matières premières et composants.

La collaboration doit correspondre à un échange en temps réel entre les fournisseurs et l'entreprise. Le contrôle par l'entreprise des opérations en cours chez les fournisseurs doit être possible aux différents niveaux d'approvisionnement sans

mettre en place des moyens compliqués d'accès à l'information. La priorité doit être donnée à la simplicité pour être informé le plus rapidement possible.

A l'inverse, pour éviter les ruptures, l'entreprise s'ouvre à ses fournisseurs en leur permettant de suivre la gestion de production. C'est le cas de certains constructeurs d'automobiles qui cherchent à réduire au maximum leurs délais pour satisfaire la demande. Tout est fait pour avoir une vision en temps réel de la production.

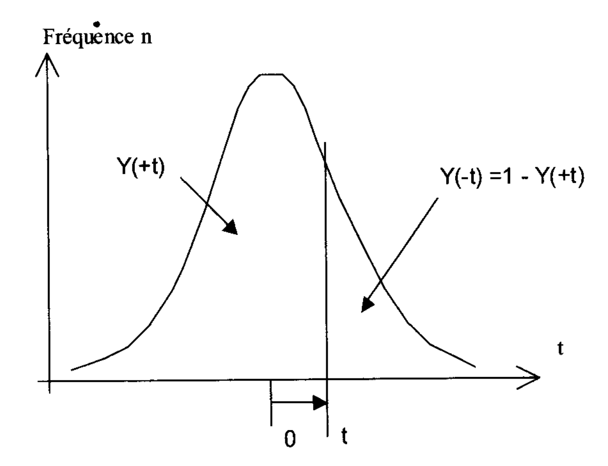
De nouvelles technologies font leur apparition, c'est le cas de la *radio frequency identification* RFID[1] qui crée un environnement de visibilité maximal permettant d'éviter des ruptures, d'augmenter la traçabilité, d'automatiser fortement les opérations coûteuses en main d'œuvre. La méthode consiste à utiliser des ondes radio pour identifier de façon unitaire des marchandises et des contenants, sans contact ni visée optique. Une étiquette intelligente contient les informations relatives au produit, elle peut être en lecture seule ou en lecture réécriture. Tous les maillons de la chaîne logistique ont à gagner à l'automatisation poussée d'opérations comme la réception, l'inventaire, la préparation de commandes, la maîtrise des stocks, le réapprovisionnement.

1. Système d'identification qui comprend une étiquette électronique pour mémoriser des informations et un lecteur. Le transfert d'information du composant électronique vers le lecteur s'effectue par radiofréquence et non par lecture optique, comme c'est le cas pour le code à barres. Ce dispositif est utilisé dans certaines applications de logistique pour suivre l'acheminement de marchandises. On s'attend à une généralisation de ce genre d'identifiant électronique si son prix baisse suffisamment.

Annexe

Table de la loi normale

Courbe de la loi normale



La table donne les valeurs de Y pour les valeurs positives de t. On lit dans la table les pourcentages Y en fonction de la position de t.

Dans le cas de t < 0, la symétrie entraîne :

$$Y(-t) = 1 - Y(+t)$$

La probabilité d'un écart supérieur à t est $2[1 - Y(+t)]$. Exemple :

– pour t = 0, on lit 0,5000, ce qui correspond à la moitié de la surface de la courbe, soit 50 % ;

– pour t = 1, on lit 0,8413, soit 84,13 % ;

– pour t = 1,96, on lit 0,975, ce qui correspond à une valeur caractéristique de la loi normale (intervalle de confiance 95 % de – t à + t), etc.

Table de la loi normale : valeurs de Y en fonction de t

t	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,0	0,5000	0,504	0,508	0,512	0,516	0,5199	0,5239	0,5279	0,5319	0,5359
0,1	0,5398	0,5438	0,5478	0,5517	0,5557	0,5596	0,5636	0,5675	0,5714	0,5753
0,2	0,5793	0,5832	0,58710	0,5910	0,5948	0,5987	0,6026	0,6064	0,6103	0,6141
0,3	0,6179	0,6217	0,6255	0,6293	0,6331	0,6368	0,6406	0,6443	0,6480	0,6517
0,4	0,6554	0,6591	0,6628	0,6664	0,6700	0,6736	0,6772	0,6808	0,6844	0,6879
0,5	0,6915	0,6950	0,6985	0,7019	0,7054	0,7088	0,7123	0,7157	0,7190	0,7224
0,6	0,7257	0,7290	0,7324	0,7357	0,7389	0,7422	0,7454	0,7486	0,7517	0,7549
0,7	0,7580	0,7611	0,7642	0,7673	0,7704	0,7734	0,7764	0,7794	0,7823	0,7852
0,8	0,7881	0,7910	0,7939	0,7967	0,7995	0,8023	0,8051	0,8078	0,8106	0,8133
0,9	0,8159	0,8186	0,8212	0,8238	0,8264	0,8289	0,8315	0,8340	0,8365	0,8389
1,0	0,8413	0,8438	0,8461	0,8485	0,8508	0,8531	0,8554	0,8577	0,8599	0,8621
1,1	0,8643	0,8665	0,8686	0,8708	0,8729	0,8749	0,8770	0,8790	0,8810	0,8830
1,2	0,8849	0,8869	0,8888	0,8907	0,8925	0,8944	0,8962	0,8980	0,8997	0,9015
1,3	0,9032	0,9049	0,9066	0,9082	0,9099	0,9115	0,9131	0,9147	0,9162	0,9177
1,4	0,9192	0,9207	0,9222	0,9236	0,9251	0,9265	0,9279	0,9292	0,9306	0,9319
1,5	0,9332	0,9345	0,9357	0,9370	0,9382	0,9394	0,9406	0,9418	0,9429	0,9441
1,6	0,9452	0,9463	0,9474	0,9484	0,9495	0,9505	0,9515	0,9525	0,9535	0,9545
1,7	0,9554	0,9564	0,9573	0,9582	0,9591	0,9599	0,9608	0,9616	0,9625	0,9633
1,8	0,9641	0,9649	0,9656	0,9664	0,9671	0,9678	0,9686	0,9693	0,9699	0,9706
1,9	0,9713	0,9719	0,9726	0,9732	0,9738	0,9744	0,9750	0,9756	0,9761	0,9767
2,0	0,9772	0,9779	0,9783	0,9788	0,9793	0,9798	0,9803	0,9808	0,9812	0,9817
2,1	0,9821	0,9826	0,9830	0,9834	0,9838	0,9842	0,9846	0,9850	0,9854	0,9857
2,2	0,9861	0,9864	0,9868	0,9871	0,9875	0,9878	0,9881	0,9884	0,9887	0,9890
2,3	0,9893	0,9896	0,9898	0,9901	0,9904	0,9906	0,9909	0,9911	0,9913	0,9916
2,4	0,9918	0,9920	0,9922	0,9925	0,9927	0,9929	0,9931	0,9932	0,9934	0,9936
2,5	0,9938	0,9940	0,9941	0,9943	0,9945	0,9946	0,9948	0,9949	0,9951	0,9952
2,6	0,9953	0,9955	0,9956	0,9957	0,9959	0,9960	0,9961	0,9962	0,9963	0,9964
2,7	0,9965	0,9966	0,9967	0,9968	0,9969	0,9970	0,9971	0,9972	0,9973	0,9974
2,8	0,9974	0,9975	0,9976	0,9977	0,9977	0,9978	0,9979	0,9979	0,9980	0,9981
2,9	0,9981	0,9982	0,9982	0,9983	0,9984	0,9984	0,9985	0,9985	0,9986	0,9986
3,0	0,99865									

Glossaire

ADV : administration des ventes

APS : *advanced planning scheduling*

B : bénéfice

CBN : calcul des besoins nets

Cd : coûts de détention annuels

Ca : coûts d'acquisition annuels

CPFR : *collaborative planning and forecasting replenishment*

CRS : coûts de rupture de stock

DRP : *distribution requirement planning*

ECR : *efficience consumer response* ou réponse efficace au consommateur

EDI : échange de données informatisées

ERP : *enterprise resource planning*

Flux : flux tirés ou poussés

Gantt : Hollandais à l'origine du diagramme Gantt pour la planification des tâches

GPA : gestion partagée des approvisionnements

GPAO : gestion de production assistée par ordinateur

HP : horizon prévisionnel

JAT : juste-à-temps

JIT : *just-in-time*

MADC : mise à disposition des composants

MRP : *manufacturing resource planning*

NdR : niveau de recomplètement

NQA : niveau de qualité acceptable

OA : ordre d'approvisionnement

OF : ordre de fabrication

OPT : *optimized production technology*

Pareto : loi des 20 %-80 %

PDCA : *plan do check act*, roue de Deming

PDP : plan directeur de production

PGI : progiciel de gestion intégré

PIC : plan industriel et commercial

PRS : probabilité de rupture de stock

RFID : *radio frequency identification*

SC : *supply chain*

SCE : *supply chain execution*

SCM : *supply chain management*

Seuil : correspond au point de déclenchement d'une commande

SM : stock moyen

SRM : stock de roulement moyen

SRt : stock de roulement

SS : stock de sécurité

TS : taux de service

TR : taux de rotation

TRS : taux de rendement synthétique

TRG : taux de rendement global (autre appellation du TRS)

Bibliographie

[AFN 00] ASSOCIATION FRANÇAISE DE NORMALISATION, *Catalogue des normes 2000,* AFNOR, 2000.

[BAG 96] BAGLIN G., BRUEL O., GARREAU A., GREIF M., VAN DELFT C., *Management industriel et logistique*, 2e édition, Economica, 1996.

[BAG 01] BAGLIN G., BRUEL O., GARREAU A., GREIF M., *Management industriel et logistique,* 3e édition, Economica, 2001.

[BAR 91] BARDELLI P., *Implications de la production juste-à-temps sur l'organisation des entreprises de l'équipement automobile, le cas du siège,* Cahier de recherche n° 1, Erestrate, IAE Nancy, juin 1991.

[BEA 88] BEAULIEU J.P., PÉGUY A., *Audit et gestion des stocks,* Vuibert, 1988.

[BEL 96] BELLIVIER M., *Le juste-à-temps, naissance d'un nouveau système de production,* L'Harmattan, Logiques économiques, 1996.

[BEL 90] BELT B., BRUN F., *Gérer l'interface commercial/production, le PIC et le PDP,* Cabinet Bill Belt, 1990.

[BEN 91] BENICHOU J., MALHET D., *Systèmes d'approvisionnement et gestion des stocks,* Editions d'organisation, 1991.

[BOU 90] BOUCHUT Y., « Organiser et gérer la production », Commissariat général du Plan, *Du fordisme au toyotisme ?,* chapitre 4, Etudes et Recherches, 7-8 février 1990.

[BOU 92] BOURBONNAIS R., USUNIER J.C., *La pratique de la prévision des ventes,* Economica, 1992.

[CHO 01] CHOPRA S., MEINDL P., *Supply Chain Management, strategy, planning and operations,* Prentice Hall, 2001.

[COL 96] COLIN R., *Produire juste-à-temps en petite série,* Editions d'organisation, 1996.

[COU 00] COURTOIS A., PILLET M., MARTIN C., *Gestion de production,* Editions d'organisation, février 2000.

[DOR 01] DORNIER P.P., FENDER M., *La logistique globale, enjeux, principes, exemples*, Editions d'organisation, 2001.

[GIA 88] GIARD V., *Gestion de production*, Economica, 2e édition, 1988.

[GIA 03] GIARD V., *Gestion de la production et des flux*, Economica, 3e édition, 2003.

[GOL 87] GOLDRATT E.M., COX J., *Le but, l'excellence en production*, Eyrolles, 1987.

[GOR 95] GORGEU A., MATHIEU R., *Recrutement et production au plus juste, Les nouvelles usines d'équipement automobile en France*, Centre d'études de l'emploi, dossier 7, Nouvelle série, La Documentation française, 1995.

[GOR 91] GORGEU A., MATHIEU R., *Les pratiques de livraison en juste-à-temps en France entre fournisseurs et constructeurs automobiles*, Centre d'études de l'emploi, dossier de recherche n° 41, décembre 1991.

[GOR 98] GORGEU A., MATHIEU R., PIALOU M., *Organisation du travail et gestion de la main-d'œuvre dans la filière automobile*, Centre d'Etudes de l'Emploi, dossier 14, Nouvelle série, La Documentation française, 1998.

[HAL 83] HALL R.W., *With the American Production and Inventory Control Society*, (APICS), Zero Inventories (Zéro stock), Homewood, Il, Dow-Jones-Irwin, 1983.

[HUT 89] HUTCHINS D., *Le juste-à-temps*, AFNOR gestion, mars 1989.

[ISO 00] ISO 9000:2000, *Systèmes de management de la qualité – Principes essentiels et vocabulaire* et ISO 9004:2000, *Systèmes de management de la qualité – Lignes directrices pour l'amélioration des performances*, 2000.

[JAU 91] JAUSSAUD J., KAGEYAMA T., « Comment mieux mettre en œuvre le juste-à-temps », *Revue française de gestion*, n° 85, septembre-octobre 1991.

[JEN 91] JENKINS A., « Les enjeux sociaux du juste-à-temps », *Travaux de recherche, pour une vision de la GRH*, ESSEC, Cergy, 14-15 novembre 1991.

[JOF 89] JOFFRE P., SIMON Y., *Encyclopédie de gestion*, Economica, 1989.

[LAS 97] LASNIER G., Les effets du juste-à-temps sur le système de gestion des ressources humaines, Thèse de doctorat, IAE Poitiers, 5 janvier 1997.

[LAS 01] LASNIER G., *Gestion industrielle et performances*, Hermès, 2001.

[LEW 95] LEWANDOWSKI R., *La gestion prévisionnelle à court terme*, Dunod, 1985.

[OHN 89] OHNO T., *L'esprit Toyota*, Masson, Paris (édition japonaise 1978), 1989.

[PAC 94] PACHÉ G., *La logistique, enjeux stratégiques*, Vuibert Entreprise, 1994.

[PLA 00] PLANCHER F., *PLANIPE, manuel de référence*, juin 2000.

[SAL 90] SALIN E., *Gestion des stocks – Les points clefs*, Editions d'organisation, 1990.

[SCH 92] SCHONBERGER R., *Japanese Manufacturing Techniques: nine hidden lessons of simplicity (les techniques industrielles du just-in-time : neuf leçons de simplicité à découvrir)*, Free Press, New York, 1992

[SHI 83] SHINGO S., *Maîtrise de la production et méthode kanban, Le cas Toyota*, Editions d'organisation, 1983.

[SLA 98] SLACK N., CHAMBERS S., HARLAND C., HARRISON A., JOHNSTON R., *Operations Management*, 2e édition, Pitman, 1998.

[SPA 93] SPALANZANI A., *Précis de gestion industrielle et de production, la gestion en plus*, Presses universitaires de Grenoble, avril 1993.

[TUR 88] TURNBULL J.P., « The limits to Japanization: JIT, labour relations and the UK automotive industry », *New Technology, Work and Employment*, vol. 3, n° 1, 1988.

[VOL 84] VOLLMANN T.E., BERRY W.L., WHYBARK D.C., *Manufacturing Planning and Control Systems*, Irwin, 1984.

[VUJ 99] VUJOSEVIC M., *Operaciona istrazivanja,Izabrana poglavlja*, Fakultet Organizacionih Nauka, Belgrade, Serbie, 1999.

[WIG 84] WIGHT O., *Réussir sa gestion industrielle par la méthode MRP 2*, Editions de l'Usine nouvelle, 1984.

[ZER 96] ZERMATTI P., *Pratique de la gestion des stocks*, 5e édition, Dunod, 1996.

Index

Q

R

S

T, U, V

W, Z

CET OUVRAGE A ÉTÉ COMPOSÉ PAR HERMÈS SCIENCE PUBLISHING LTD ET ACHEVÉ D'IMPRIMER PAR L'IMPRIMERIE FLOCH À MAYENNE EN OCTOBRE 2004.

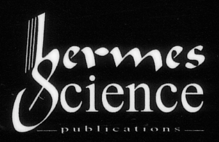
Cet ouvrage est consacré aux méthodes d'approvisionnement et à la gestion des stocks dans les entreprises. A l'époque de la chaîne logistique globale et des systèmes ERP, il est nécessaire d'optimiser les niveaux des stocks et des en-cours sur l'ensemble du flux amont-aval, du fournisseur au client.

L'ouvrage expose les règles à appliquer pour bien gérer le processus d'approvisionnement et la gestion des stocks dans un contexte de zéro rupture. Les thèmes suivants sont abordés : les fonctions et les coûts d'un stock, le calcul de la quantité économique de commande, l'optimisation des coûts de stock, les méthodes d'approvisionnement, les classes homogènes de gestion, le stock de sécurité, le processus d'achat-approvisionnement, le système d'approvisionnement en juste-à-temps et la méthode Kanban, la valorisation des stocks et les mouvements de stocks, les calculs de prévisions, les concepts e-logistique pour l'optimisation des approvisionnements et des stocks.

Ce livre, illustré par de nombreux exemples, est destiné aux professionnels, à la formation et aux écoles d'ingénieurs.

L'auteur

Gilles Lasnier est docteur en gestion spécialisé en gestion industrielle et auteur de différents ouvrages aux éditions Hermes Science.
Après avoir exercé des fonctions de direction dans d'importantes entreprises privées, il intervient comme consultant, formateur et enseignant en France et à l'étranger, notamment pour des entreprises de Belgrade en Serbie dans le cadre de la reconstruction du pays.



www.hermes-science.co